This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

B 453488

ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

Chemical Library
TS
230
G997
1882

LA FONDERIE

EN FRANCE

E. BERNARD et Cie, imp. 75 et 77, rue Lacondamine.

42897

LA FONDERIE EN FRANCE

TRAITÉ GÉNÉRAL

DE SES PROCÉDÉS DE FABRICATION

ET DE

SES APPLICATIONS A L'INDUSTRIE

PAR

A. GUETTIER

PREMIER VOLUME

NOUVELLE ÉDITION

REVUE, AUGMENTÉE ET MISE AU NIVEAU DE TOUS LES PERFECTIONNEMENTS RÉCENTS.

PARIS

E. BERNARD ET Cie, LIBRAIRES-ÉDITEURS

4, RUE DE THORIGNY, 4

1882

AVERTISSEMENT DE L'AUTEUR

La première édition de ce livre a paru vers la fin de 1844. Conçue en vue de l'instruction spéciale des Écoles d'arts et métiers, présentant une disposition particulière que l'auteur a voulu rendre classique, elle s'est écoulée rapidement. Une nouvelle édition devint bientôt nécessaire et fut publiée en 1847, avec les corrections utiles et de nombreuses augmentations. Celle-ci fut épuisée vers 1857. L'auteur, attaché alors comme ingénieur et directeur aux importantes usines de Marquise, n'avait pas le temps de remanier son livre et d'en faire une œuvre nouvelle. Il dut se borner à autoriser un tirage, auquel fut ajouté un appendice mettant l'ouvrage à la hauteur des perfectionnements qui se sont produits de 1847 à 1858.

Depuis dix ans ce nouveau tirage est épuisé. Le livre : *La fonderie en France*, devenu fort rare, a été de plus en plus recherché et demandé dans des conditions telles que les anciens exemplaires qui ont pu être retrouvés çà et là ont fait prime et ont atteint, entre les mains de l'ancien éditeur, des prix presque fabuleux.

Pendant ce temps, occupé dans de grandes et sérieuses affaires, l'auteur n'a pu qu'assister immobile à ce succès, qu'il n'eût pas osé prévoir.

Peu de livres, en effet, consacrés à des études ou des monographies industrielles, ont offert un pareil résultat. Les travaux sur la science et l'industrie ne se débitent pas, on le sait, comme les œuvres de la littérature et les romans. Quand l'œuvre de l'ingénieur, homme de science ou de pratique, atteint une deuxième édition, c'est assez rare, disent MM. les libraires.

Je ne tirerai pas vanité d'une telle situation, due à l'intérêt du sujet que j'ai traité, à l'absence de tous autres ouvrages analogues et peut-être à l'esprit de méthode qui a permis à mon livre

d'être recherché par les élèves des Écoles industrielles spéciales autant que par les fondeurs, patrons ou ouvriers.

Quoi qu'il en soit, il y a un fait constant : un *Traité de fonderie* ierait défaut dans l'industrie, et, pour me servir d'un vieux cliché, le besoin paraît devoir s'en faire de plus en plus sentir. Les correspondances que j'ai reçues et les demandes constantes de la librairie peuvent, à cet égard, fournir la preuve palpable de ce besoin.

Je suis vieux aujourd'hui et non encore absolument éloigné des affaires qui ont absorbé ma carrière. J'avoue que je préférerais, usant du temps qui me reste, écrire autre chose qui soit plus en rapport avec mes tendances actuelles que ce souvenir des travaux de ma jeunesse. J'aurais pu laisser réimprimer le livre à peu près tel qu'il est demeuré depuis 1858. Un tel parti eût été plus dans mes idées et dans mes goûts. Mais l'on me dit que succès oblige, que ce premier ouvrage a fait mon nom inséparable de l'industrie que j'ai voulu décrire, que je ne puis conserver sous le boisseau des notes recueillies dans les vingt années qui se sont écoulées entre le dernier tirage et l'édition que je publie aujourd'hui, que je dois à moi-même de laisser mon œuvre rafraîchie et revue à l'avenir qui me jugera et me classera. D'un autre côté, des amis bienveillants, parmi lesquels se trouvait notre cher et regretté de Dion, des anciens élèves des Écoles et un grand nombre de ceux qui dans l'industrie, veulent bien m'appeler familièrement le *père de la fonderie*, et reconnaissant les quelques services que j'ai pu lui rendre par mes livres ou par mes œuvres, s'autorisent de cela pour me pousser à une nouvelle édition.

C'en est assez pour me ramener sur un terrain que j'avais abandonné et que je viens reprendre aujourd'hui.

Mon intention, par cette dernière publication, dont je ne dois pas compter voir l'épuisement, est de présenter à mes lecteurs, comme dans les éditions précédentes, l'état actuel de la fonderie en France

Vingt années de travail et de progrès ont certainement amené, dans l'art de traiter et de couler les métaux, des améliorations incontestables à tous les points de vue : production plus rapide; exécution plus sûre et plus perfectionnée quant à la qualité de la matière et au fini de la main-d'œuvre; applications nouvelles importantes et sérieuses; en un mot, développement considérable de la fonderie, autant dans une voie scientifique et raisonnée que dans un sens pratique et économique.

Ces considérations ne m'empêcheront pas, néanmoins, d'appeler de plus en plus l'attention des ingénieurs et des fondeurs sur des questions toujours vivaces, encore insuffisamment résolues, et qui ne

doivent pas cesser de solliciter les efforts des hommes d'étude et de progrès.

Entre ces questions, je citerai rapidement :

Celles qui se rattachent à l'examen des matières employées, de leurs combinaisons, de leurs mélanges, qu'il s'agisse des métaux à traiter isolément ou par alliages, ou qu'il soit question des sables, des terres ou de toutes autres matières accessoires de la production;

Celles qui ont trait au choix étudié et bien compris des combustibles, comme à leur préparation et à leur emploi économique;

Celles enfin qui touchent à la fabrication proprement dite, telles que les perfectionnements à apporter aux fourneaux ou autres appareils qui s'y rattachent, les améliorations à chercher dans les procédés de fusion, les moyens de déplacer, lever et transporter les fardeaux, ceux consistant à rendre plus parfait, plus assuré et plus simple le travail du moulage, enfin ceux qui doivent compléter et développer les appareils de séchage, de coulée des moules, d'ébarbage et de finissage des objets fondus.

Cela dit, tout en conservant à cette nouvelle édition, dans la meilleure mesure, la forme méthodique qui a fait, je crois, le succès de mes diverses publications, je chercherai, comme par le passé, à ne pas cesser de rendre mon œuvre utile aux directeurs d'établissements, aux ingénieurs, tout autant qu'aux élèves des Écoles, aux chefs d'atelier et aux ouvriers. Pour cela, je tâcherai de ne rien oublier, que j'en parle peu ou beaucoup, de ce qui a été fait de nouveau et d'important en vue d'industries que j'ai pratiquées assez longtemps pour qu'elles doivent ne pas cesser de m'inspirer toujours la prédilection la plus vive.

Qu'ajouterai-je encore? En publiant ce livre, je ne procède pas, à coup sûr, avec un but spéculatif. Je le répète : j'aimerais mieux faire autre chose.

Homme de travail et d'étude, je n'ai peut-être pas assez cherché, suivant l'esprit du siècle, la publicité et les honneurs.

Si mon nom, répandu depuis plus de trente ans dans l'industrie des métaux, peut me survivre, je devrai peut-être un dernier regain à cette nouvelle expression de mon livre sur la fonderie, qui le premier m'a fait connaître et m'a aidé à devenir le peu que je suis aujourd'hui.

AVIS DES ÉDITEURS

Dans l'avertissement qui précède, l'auteur parlant de ses ouvrages exprime l'espoir que l'édition nouvelle de la fonderie devra ajouter à sa notoriété déjà bien affirmée par ses autres œuvres. Nous croyons devoir compléter ici par une courte notice extraite de la Biographie nationale des contemporains, ce qu'il n'a pas voulu dire et ce qu'à notre avis ses lecteurs doivent connaître.

M. Guettier n'est pas le premier venu. Il a attaché son nom, incontestablement, à la fonderie et à tout ce qui s'y rattache d'une manière indéniable. C'est avec justice, autant que par bienveillance et par affection, que ses amis et ses anciens élèves ont voulu le surnommer le père de la fonderie.

Voici en résumé ce que dit la biographie que nous citons :

Guettier (André-Francois-Victor), né à Paris le 22 mars 1817, élève de l'école de Châlons, sorti avec la médaille en 1835, fut attaché d'abord aux usines d'Indret où il perfectionna les procédés de coulée du cuivre et de ses alliages.

Après s'être employé dans plusieurs établissements métallurgiques de la Meuse et des Vosges, il prit la direction des usines de Tusey, où il organisa la fabrication des grandes fontes monumentales faisant partie des fontaines et de la décoration de la place de la Concorde et des Champs-Elysées. — Attaché depuis comme directeur de la fonderie et professeur à l'école d'arts et métiers d'Angers, il remplit diverses missions pour le service du gouvernement et publia la première édition de son livre sur la fonderie. Ingénieur et directeur des importantes usines de Marquise de 1848 à 1863, il contribua puissamment au développement de ces usines dont il agrandit les ateliers, augmenta les ressources par de nombreuses constructions industrielles et où il installa des écoles, une salle d'asile, un hospice, des habitations ouvrières, etc. De 1863 à 1872, il remplit auprès de l'administration de ces usines, les fonctions d'ingénieur-conseil, en même temps qu'il dirigeait les travaux de mécanique et de précision de l'ancienne maison Vande, dont il était devenu propriétaire.

Chargé d'installer à Paris la fabrication des projectiles de l'artillerie de la marine, pendant le siège, cet ingénieur a pris une large part à tous les progrès réalisés, depuis trente ans, dans la métallurgie. On lui doit l'invention ou l'initiative de

travaux qui ont avancé l'industrie du fer, la soudure par fusion de la fonte de fer, celle de la fonte avec le fer et l'acier, l'idée première de l'application de l'électricité au métal en fusion, des données sur l'emploi pratique des matières et des déchets improductifs dans certaines industries, entre autres l'application à la poterie et à la céramique de schistes ardoisiers, l'utilisation des scories de hauts-fourneaux, etc. — Enfin, il a fait des études importantes sur les alliages des métaux, et la fabrication des fontes trempées en coquille. — Il a introduit dans la pratique de la fonderie de nombreux procédés de moulage économique, parmi lesquels, notamment, la fabrication de tuyaux et de cylindres pour piles de pont, coulés debout.

Connu de tous ceux qui s'occupent en France et à l'étranger de la fonte et du fer, M. Guettier a été depuis longtemps le conseiller et le guide d'un grand nombre de maitres d'usines, de chefs d'atelier, d'anciens élèves des écoles industrielles et autres spécialistes. La nomenclature qui suit indique d'ailleurs mieux que tout ce que nous pourrions dire quelle a été l'importance des travaux de M. Guettier, comme ingénieur et fondeur, si l'on en juge par ses ouvrages : 1844 à 1858. — Traité de la fonderie en France, ouvrage très estimé et recherché, devenu très rare.

1858. — Emploi pratique et raisonné de la fonte de fer dans les constructions, recueil d'expériences, d'études et d'observations pratiques.

1865. — Guide pratique des alliages métalliques.

1860 à 1866. — Etudes sur l'enseignement professionnel et la propagation de l'instruction industrielle.

1855 à 1880. — Histoire des écoles nationales des arts-et-métiers. — Etudes économiques. — Salles d'Asile. — Chauffage et ventilation des usines. — Questions ouvrières, etc., sans compter un grand nombre de notices et de mémoires semés çà et là dans les publications périodiques et recueils spéciaux.

Nous n'ajouterons rien à la biographie de M. Guettier, nous avons apporté tous nos soins à l'édition de son ouvrage *La Fonderie en France*, et nous sommes persuadés que l'accueil qui l'attend sera la juste récompense d'une carrière aussi honorablement remplie.

E. Bernard et Cie

INTRODUCTION

Quelques-uns de mes lecteurs m'ont reproché d'avoir omis dans les éditions précédentes, un précis historique sur les origines du fer et de la fonte et sur le développement de la fonderie jusqu'à nos jours.

Un ouvrage sur la fonderie ne saurait-il être classique et suffisamment complet, s'il ne contenait une introduction comprenant une sorte de préambule sur la matière dont j'ai à m'occuper ? Je ne discuterai pas cette question, préférant m'exécuter, en tâchant d'être court. Énoncer des dates, proclamer des faits, constater des résultats en puisant aux meilleures sources, voilà ce que je désire faire, sans chercher, après tout, à faire œuvre de savant et d'historien.

Avant de conclure et de constater, suivant qu'il y aura lieu, les progrès de l'industrie moderne pour ce qui est de la transformation et de l'utilisation commerciale et artistique des métaux, j'aurai à rechercher si ces progrès ont été aussi réels qu'on voudrait les trouver de nos jours.

En comparant les résultats obtenus avec ceux que nous ont montré des temps plus reculés, j'aurai à voir si ces résultats sont le dernier mot d'industries qui auraient donné aujourd'hui le maximum de ce qu'on peut en attendre.

Il n'est pas douteux qu'il en soit autrement, même pour la fonderie déjà très avancée au point de vue des produits usuels de la mécanique, des constructions et autres nécessités industrielles. A cet égard les développements qui seront donnés dans la suite de cet ouvrage, acheveront d'élucider la question.

C'est pourquoi, je m'y attacherai peu dans la présente introduction ayant pour objet de présenter une espèce de monographie de la fonderie en général, suivie de considérations touchant la représentation des œuvres qui tiennent à l'art.

Sur ces bases, il m'a paru intéressant de reproduire ici, dans sa forme absolue, une étude résumant en traits rapides ce que j'ai à dire. Cette étude publiée par moi, lors de l'Exposition universelle de 1867, dans les *Annales du Génie civil*, exposait alors la situation réelle de la fonderie, comme elle l'exprime encore aujourd'hui après l'exposition de 1878 qui, à mon avis, n'a rien offert de plus nouveau comme travail de moulage et de fonte depuis dix années et qui s'est bornée à reproduire sans aucun progrès particulièrement remarquable, tout ce que sa devancière nous avait montré.

Je reviendrai sur ce sujet, en esquissant rapidement à la fin de cette introduction, l'historique des progrès de l'emploi de la fonte et du bronze appliqués aux arts et à l'industrie, historique que j'essaierai d'établir en m'appuyant sur le mouvement des expositions industrielles en France depuis leur création.

Avant d'aller plus loin, je dois déclarer, cependant, que je ne songe pas à traiter ici la question d'art proprement dite, dans laquelle je puis n'être pas suffisamment compétent, et qui d'ailleurs échappe au sujet que je traite. Toutefois, comme j'ai à cet égard une opinion faite, bonne ou mauvaise, je demanderai qu'il me soit permis de l'exprimer, au préalable.

Je suis de ceux qui pensent que l'art ne peut avoir d'autres lois que celles du beau, d'autres limites que celles offertes par la nature, en ce qu'elle offre de vérité unie à la grâce, et dans ce qu'elle a de meilleur comme respect de la pureté de la forme et de la ligne, telle que l'ont comprise les grands peuples artistes de l'antiquité, notamment les Grecs et les Romains.

A cet égard, le génie de notre pays a pu faire parfois fausse route en matière artistique, à certains moments. Mais on ne saurait nier que des défaillances plus fréquentes se sont produites de nos jours, et qu'en particulier, l'industrie des bronzes s'est livrée depuis quelques années à des excès de fantaisie que le goût français, même dans ses écarts, avait repoussé jusque-là.

Sous prétexte de réalisme, elle a cherché ce qu'elle a pu trouver de plus laid, de plus trivial, de plus commun, de plus honteux, et elle a produit tout ce qu'elle a rencontré de plus grotesque et de plus difforme, se disant qu'il n'était pas nécessaire que ce fût beau, puisque c'était vrai. — Qu'elle ait voulu amener comme étude nouvelle dans cette très discutable réaction de l'art, la représentation plus ou moins informe des éléments de mauvaise allure que nous a transmis l'époque actuelle ; qu'elle ait demandé à une manifestation brutale des ressources et des effets qu'elle prétend nouveaux, bien qu'ils aient été condamnés, de tous temps, par le bon goût et par le bon sens ; qu'elle ait ainsi sacrifié aux tendances superficielles d'esprits fatigués, dévoyés, cherchant

l'inconnu et butinant au jour le jour les fleurs ou les fruits malsains qui les tentent, sans souci du lendemain, tout cela n'aura qu'un moment. — La caricature d'aujourd'hui succédera à la caricature de demain laissant le stigmate des ridicules ou des exagérations d'un temps.

La recherche de types vrais, mais vulgaires ; d'effets possibles, mais crus ; d'objets réels existant dans la nature, mais informes, exceptionnels et en opposition avec les idées de perfection que la création nous a fait concevoir et que la divinité nous inspire, cette recherche peut emprunter sa raison d'être à un état positif où se heurtent le beau et le laid, le vrai et l'absurde, le grand et le petit, à une situation anormale avide de substituer l'exception au fait ; mais elle ne constitue pas l'art. Pour nous, si ce n'est l'aberration, c'est le caprice, c'est la fantaisie, c'est une voie peut-être séduisante qui, dans toutes les œuvres de l'esprit humain, peut compter de nombreux adeptes, — qui est susceptible d'être entraînante parce qu'elle nous prend sur le vif de nos mœurs, de nos habitudes, de nos penchants, — qui peut être tolérable à un certain degré parce qu'elle marque les tendances d'une génération où l'industrie domine l'art, où le métier absorbe l'esprit, où la vie matérielle déborde.

Mais, encore une fois, ce n'est pas le culte du beau, du grand ; et ce n'est pas l'art véritable dont la marque ineffaçable nous élève et devrait s'imposer de génération en génération, restant éternelle comme toutes les grandes choses de la création.

Donc, en parlant des bronzes et des fontes d'art, nous avons à distinguer ce qui est vraiment l'art, de ce qui est la fantaisie, de ce qui est la mode. La fantaisie et la mode dirigées par le bon goût peuvent, il est vrai, être encore de l'art. Elles peuvent, tout en abordant les sujets les plus disparates, rester soumises aux règles de l'art et ne pas l'absorber dans son entier au profit du métier. Sous ce rapport, elles méritent une attention particulière. Elles sont alors, ou elles doivent être une des manifestations de *l'art industriel*, et dans cette situation se relier par le bon côté à cette expression moderne adaptée à une application ancienne ; car, les artistes de l'antiquité comme ceux du moyen âge, comme ceux des derniers siècles, les potiers et les mouleurs, les bronziers et les ciseleurs de Rome et d'Athènes, les Palissy, les Benvenuto, les grands fondeurs florentins de la Renaissance, les Keller leurs successeurs, les ouvriers habiles du siècle de Louis XIV, furent tous, dans l'acception la plus complète et la plus glorieuse du mot, des artistes industriels.

La distinction que nous venons d'établir entre l'art vrai et ses écarts, que ces écarts s'inspirent de telles ou telles tendances plus ou moins recherchées dans le domaine de la fantaisie, cette distinction semble résulter de la classification, elle-même, admise par la rédaction de la commission du jury.

Nous voyons en effet, sous l'appellation générale :
Bronzes d'art, fontes d'art diverses et ouvrages en métaux repoussés se détacher successivement les sous-titres suivants qui viennent indiquer d'eux-mêmes là où domine l'art, là où apparaît le métier.

Bronzes d'art, statues, bas-reliefs.
Fontes d'art, statues, ornements.
Bronzes de décoration et d'ornement.
Imitation de bronze, objets de fantaisie en zinc, étain et alliages divers.
Repoussés en cuivre, en plomb, en zinc.

Mais, ici comme partout ailleurs aux divers groupes de l'Exposition, malgré l'esprit de méthode qui a pu présider au rangement des objets exposés, malgré la disposition spéciale des constructions qui a voulu prévoir un agencement systématique réunissant dans un même espace les objets similaires, et permettant ainsi des rapprochements qui doivent être la base d'une étude sérieuse, il faut reconnaître qu'on ne rencontre pas tous les bronzes, toutes les fontes d'art, tous les travaux en repoussé ou en galvanoplastie, tous les produits en cuivre, en plomb, en zinc, qui se relient par la matière, par le dessin, par la fabrication, à un ordre de choses analogues tel que la classification adoptée avait pu le vouloir.

Nous aurons donc à chercher ailleurs que dans la classe 22, par exemple dans la classe 3, *œuvres d'art*, et notamment dans la classe 40, *produits des industries extractives* où se trouvent des bronzes et des fontes très remarquables, tous les sujets d'étude qui nous intéresseront, sans nous préoccuper des causes qui ont pu faire écarter tel ou tel produit de son emplacement normal. Nous signalerons avec une égale attention en le rencontrant à travers l'Exposition, tout objet qui nous semblera digne d'être examiné, du moment que la création de cet objet aura admis comme élément de fabrication, un des métaux industriels cuivre, fer, zinc, plomb ou étain, et comme base typique, la recherche de formes décoratives plus ou moins heureuses, mais prétendant, de loin ou de près, emprunter à l'art sa première raison d'être.

Toutefois, afin de donner à cette étude le caractère méthodique dont elle a besoin, pour que nos lecteurs, pas plus que nous, n'aient à s'égarer dans le dédale d'un pareil travail, nous chercherons à suivre les divisions indiquées plus haut d'après le catalogue officiel, en concentrant ces divisions en deux parties ainsi comprises :

Bronzes d'art et d'ornement. Imitations de bronze et zinc, étain et alliages divers.

Fontes d'art, statues, bas-reliefs et ornements en fonte de fer.

Chacun de ces chapitres se subdivisera en autant de corollaires que nécessiteront les sujets traités. Mais nous ne garantissons pas, voulant faire la part du hasard et de la fantaisie dans le soin de nous guider, que ces corollaires se classeront avec l'esprit de méthode absolu.

I

Les artistes modernes, tout comme les artistes anciens, ne reconnaissent pas de matière plus élevée que le bronze. A celui-ci, donc le droit de passer le premier.

Ni le zinc, ni l'étain, ni les alliages de ces métaux avec le cuivre, autres que ceux qui forment le bronze destiné à la reproduction des œuvres d'art, ni la fonte, métal né d'hier, quelles que soient aujourd'hui la précision de son moulage, la netteté de ses surfaces, ne peuvent donner à l'œuvre de l'artiste la beauté et la grandeur, la solidité et la vie que lui apporte le bronze. Inoxydable, et par suite d'une durée indéfinie, tant qu'il n'est pas soumis aux influences désorganisatrices des acides, se conservant dans l'air, dans l'eau, dans la terre ; dur et malléable, susceptible d'être poli et ciselé avec une finesse de détail et une perfection qu'aucun autre métal, parmi ceux dont nous nous occupons ici, ne saurait permettre à un égal degré ; apte à prendre toutes les patines, à recevoir les métaux les plus précieux qu'il s'approprie et dont il se recouvre aisément et solidement, tel est le bronze que les peuples des âges les plus reculés ont connu, employé, travaillé ; tel est le métal sur lequel les années ont passé, sans lui imprimer d'autres traces que celles du souvenir des temps héroïques, d'autre marque que celle d'une noblesse incontestable, due à ses qualités, à son bon service, autant qu'à son âge.

La place du bronze est marquée dans la tradition de toutes les nations, de la Chine aux Indes, de la Grèce à Rome, chez tous les peuples artistes, même chez les barbares, qui façonnaient l'airain grossièrement, mais qui le recherchaient comme le métal utile, comme le métal noble par excellence. Partout on trouve le bronze en honneur, et, chose étonnante, qu'on le rencontre formé mécaniquement ou par alliage, accidentellement ou industriellement, presque toujours, il se présente dans des conditions de combinaison sinon identiques, mais souvent peu différentes de celles que nous reconnaissons aujourd'hui comme les meilleures, au point de vue de la durée, de la sonorité, de la solidité et de l'aptitude à prendre une patine remarquable.

Évidemment, les anciens ignorèrent longtemps les bases d'un alliag

régulier. Leurs premières œuvres durent d'abord admettre le cuivre comme base unique ; mais soit combinaison accidentelle, soit rapprochement fortuit de ce métal avec l'étain, le plomb et même le zinc qui paraît avoir été employé beaucoup plus tard que les autres composants du bronze, il est certain que le bronze, ou plutôt l'airain, pour l'appeler par le nom qui semble lui avoir été donné d'abord, se retrouve dans les objets antiques, avec les éléments d'un alliage qui tend à se rapprocher de celui pratiqué par les fondeurs modernes.

Les Romains et les Grecs qui n'utilisaient pas le zinc, ou qui du moins ne semblent pas avoir extrait et travaillé ce métal à l'état normal, admettaient pour leurs bronzes des alliages, dont la moyenne peut indiquer les proportions suivantes :

Cuivre	99 parties.
Étain	6 —
Plomb	6 —

Ou encore :

Cuivre	62 —
Étain	32 —
Plomb	6 —

Des armes romaines ont donné à l'analyse :

Cuivre	81
Étain	19

Des monnaies et des médailles accusent du cuivre et du zinc dans le rapport de 45 à 1 et de faibles parties d'étain et de plomb.

Des statuettes et des objets d'ornement en bronze retrouvés en France sur divers points où ont séjourné les cohortes romaines, indiquent des alliages de :

Cuivre	72 parties.
Étain	24 —
Zinc	2 —
Plomb	4 —

Des proportions semblables se montrent dans les bronzes provenant de fouilles faites à Athènes et dans le métal de certaines médailles de l'Attique.

Que ces anciens bronzes aient admis artificiellement ou accidentellement la présence quaternaire des métaux qui forment encore la base des meilleurs bronzes de statuaire, que le zinc surtout, dont la connaissance à l'état métallique et la classification parmi les métaux usuels

ne date guère que du seizième siècle, se soit trouvé par hasard dans l'alliage, amené avec les terres et les gangues adhérentes aux autres métaux composants ou à la suite de toute autre circonstance éventuelle, il est certain qu'on ne saurait trouver une plus grande analogie entre les proportions que nous citons et celles employées par les fondeurs du siècle dernier.

Ainsi, le titre des bronzes usités par les Keller indique moyennement :

Cuivre	91.40
Zinc	5.60
Étain	1.60
Plomb	1.40

Celui des grandes statues en bronze, fondues à Paris au commencement du siècle, montre :

Cuivre	82.45
Zinc	10.30
Étain	4.10
Plomb	3.15

Celui des bronzes coulés de nos jours se tient entre :

Cuivre	70	parties.	Cuivre	82	parties.
Zinc	25	—	Zinc	18	—
Étain	3	—	Étain	3	—
Plomb	3	—	Plomb	1.50	—

Ces alliages qui semblent satisfaire à la fois, dans les meilleures conditions, les exigences réunies du fondeur, du tourneur, du ciseleur et du doreur, ne sont après tout que des variantes plus ou moins différentes des alliages anciens, que le hasard ou la science aient présidé à ceux-ci et en aient jeté les bases qui, pendant la durée des siècles, ainsi qu'on peut le voir, n'ont pas été sensiblement modifiées.

Si l'on considère également les proportions de certains bronzes antiques provenant de la Chine ou de l'Inde; si l'on analyse même le métal de certaines armes celtiques ou gauloises, on trouvera que ces métaux rudimentaires accusent presque invariablement des proportions qui diffèrent peu de celles que nous rappelons ici.

Donc, rien de nouveau à l'endroit de la composition du métal. Rien de bien nouveau non plus, comme perfection artistique, ni comme fonte peut-être, puisque dans les chefs-d'œuvre que l'antiquité nous a légués, nous trouvons l'art du statuaire et celui du fondeur élevés à un niveau que nos œuvres modernes ne dépassent pas, même les meilleures.

Tel est le bilan de la fabrication du bronze, envisagée au double

point de vue de la composition de la matière et de la perfection du travail.

Où alors chercher les progrès accomplis dans les bronzes nombreux que nous montre l'Exposition universelle? — Il faut le dire, c'est surtout dans une situation presque exclusivement économique, dans une application industrielle peut-être mieux entendue qu'aux temps passés, mais à coup sûr plus commerciale, plus mercantile, et par le fait plus directement appropriée à nos goûts, à nos besoins, à nos penchants actuels.

Nous examinerons donc l'exposition des bronzes en dehors de la question d'art suffisamment indiquée et que nous laisserons à des appréciateurs plus compétents. Si nous avons à exprimer à cet égard une opinion quelconque, ce ne sera qu'au courant de la plume et sans que cela puisse tirer à conséquence, n'ayant pas l'intention de porter nos études sur l'examen individuel des œuvres des artistes.

Les points fondamentaux qui dominent la fabrication des bronzes, en écartant l'élément artistique proprement dit, la nature et la qualité du métal, la composition des alliages, sont consécutivement l'établissement des modèles, le moulage et la fonte, la ciselure et le montage.

Ces parties importantes de la fabrication se rattachent à un nombre correspondant d'industries spéciales, qui dans leur ensemble constituent l'industrie des bronzes proprement dite.

L'établissement des modèles est lié intimement à la question du moulage. — Un modèle mal compris donne des pièces d'un moulage difficile, venant malpropres, incomplètes ou trop lourdes à la fonte. — Il est important de démonter le modèle en s'inspirant de deux points de départ différents : le démontage cherché exclusivement pour faciliter le moulage en permettant la sortie des pièces de rapport, en abrégeant et en rendant plus sûr le travail du mouleur; le démontage employé pour simplifier d'une manière absolue les opérations du moulage et de la fonte et amener des pièces plus simples, exigeant des ouvriers moins habiles, pouvant être obtenues plus légères à l'aide de noyaux moins compliqués et mieux appuyés dans le moule.

Dans le premier cas, le démontage est une affaire de métier; il a besoin d'être appliqué avec la connaissance certaine des règles de la fonderie, mais il importe peu en résumé au résultat définitif, savoir l'obtention de la pièce purement terminée au point de vue de la forme artistique. — Dans le second cas, au contraire, il s'agit d'observer des coupes habiles, de telle sorte que les parties accessoires qui sont coulées à part puissent être rapportées sans choquer l'œil, sans altérer la forme, sans être reconnues ou soupçonnées en un mot.

Là, il faut un certain respect du modèle qui ne peut être inspiré que par le sentiment bien compris de l'art, et qui fait du modeleur l'*alter*

ego de l'artiste créateur, quand ce n'est pas celui-ci qui dirige le démontage de son œuvre.

La constitution du modèle est donc un travail d'artiste. Il en est de même du travail de ciselure et de montage. — La conservation de la forme, l'entente des effets, le soin particulier à accorder aux nus et aux parties principales des bronzes, afin que ces parties puissent ressortir parfaitement des accessoires, la valeur à donner aux détails suivant leur importance, telles sont les qualités qu'on doit demander au ciseleur, comme au monteur. Et le mérite d'un bronze est certainement d'autant plus grand, que l'ouvrier disparaît en pareil cas pour faire place à l'artiste.

Chez le mouleur, au contraire, on recherchera plutôt l'ouvrier habile, l'exécutant adroit et rapide. — Chez le fondeur, l'ouvrier soigneux, apte à comprendre et à produire les alliages, à verser le métal au degré de pureté et de température voulues pour obtenir des pièces saines et aussi nettes que le moule bien établi peut et doit les donner.

Au moyen âge, l'histoire nous montre des artistes qui étaient à la fois les créateurs, les modeleurs, les monteurs et les ciseleurs, les mouleurs et les fondeurs de leur œuvre. — Nos ancêtres ont revu depuis ces hommes au talent si multiple, et sans doute nous les retrouverions encore. — Mais à notre époque, ce sont des exceptions rares, et tout ce que nous pouvons demander aux œuvres que nous montre l'Exposition, c'est un ensemble de talents réunis qui assure de belles choses, sinon de grandes choses, et nous donne des œuvres de goût inspirées par le sentiment de l'art, sinon des chefs-d'œuvre.

Sous ce rapport, le fabricant, ou mieux l'entrepreneur de bronzes, peut montrer un mérite réel; celui de savoir choisir et diriger ses hommes, de savoir découvrir là où est la chose, qui est l'art, et de conduire cette chose à travers les opérations difficiles et complexes de l'exécution, jusqu'à ce qu'elle se montre terminée dans des conditions irréprochables.

C'est ce mérite que doivent chercher et récompenser les jurys et qu'ils pourraient mettre en relief aux expositions. — A-t-il été trouvé toujours? et les quelques noms qui se partagent presque exclusivement depuis des années les distinctions réservées à l'industrie des bronzes, ont-ils été l'expression exacte et indiscutable du véritable progrès, la représentation positive du talent incontesté ?

Tout en écartant ce sujet et en évitant de rechercher si tels ou tels fabricants ne sont autres que des marchands heureux, ignorants des questions d'art et des questions de métier, nous dirons que dans aucune industrie, plus peut-être que dans celle qui nous occupe, il n'en est pas où les récompenses devraient atteindre un plus grand nombre de collaborateurs.

Si la collaboration est sérieuse, positive et décisive, c'est surtout dans une situation, où l'art préside et domine, portant son influence sur toutes les branches d'une industrie.

Dans l'industrie du bronze, qu'il soit question des bronzes d'art ou des bronzes dits d'imitation, les grandes villes, les capitales seules peuvent produire des œuvres sérieuses et variées, que ces œuvres s'inspirent de l'art ou de la fantaisie. — Il ne s'agit pas ici d'un métier vulgaire facile à conduire à l'aide de machines ou de bras dirigés par une somme déterminée d'intelligence et de savoir. — Il faut du talent partout, depuis l'origine qui est le modèle, jusqu'aux travaux complémentaires qui sont la ciselure, le montage, le bronzage et la dorure.

En quelque point de la fabrication des bronzes que l'observateur s'arrête, il importe qu'il trouve du talent et de l'acquit, de l'habileté et de l'adresse, du goût et du soin. — L'élément mécanique disparaît pour faire place à l'initiative; l'action automatique s'efface devant la manifestation de l'intelligence.

C'est pourquoi, nous le répétons, s'il est juste de distinguer les promoteurs capables de diriger et de conduire à bon port une telle industrie, il est équitable aussi de faire la part large aux auxiliaires, dont l'action imprime un cachet ineffaçable aux œuvres qu'ils ont aidé à créer.

Il est trop facile, en pareils travaux, de copier un voisin heureux, de lui enlever à prix d'or l'artiste ou l'ouvrier qui le mettent en relief, pour que la gloire du résultat soit attribuée au fabricant seul, à celui peut-être qui n'a été qu'acheteur ou vendeur.

Une usine mécanique bien montée, pourvue d'engins nombreux, marchera sous une impulsion intelligente, que les ouvriers s'effacent ou disparaissent. — Il n'en sera pas de même au cas où l'artiste et l'ouvrier refusant leur concours, la fabrique, même la plus habilement constituée, sera obligée de s'arrêter.

Il y a du mérite évidemment à savoir s'entourer d'hommes capables, à savoir les diriger en combinant leurs travaux en vue du succès; mais ces hommes, qui ont contribué au résultat que toute l'intelligence et l'habileté possibles n'auraient pas obtenu sans eux, c'est vers eux que nous voudrions voir se tourner au moins quelques-unes de ces distinctions qui atteignent leurs chefs.

Nous ne ferons pas, après tout, de reproches au jury. — On nous dirait que les collaborateurs ne sont recherchés que là où les chefs d'industrie les indiquent, et cette réponse, malheureusement fondée ne pourrait que nous laisser en présence de l'égoïsme humain.

Au reste, ces réflexions, peut-être trop longues, ne se lient qu'à cette partie de l'industrie des bronzes, où la question d'art surtout est en jeu. — S'il s'agit des bronzes de commerce ou des bronzes dits d'imitation, il est évident que l'influence du fabricant devient d'autant

plus grande que la personnalité de l'ouvrier s'affaiblit et tend à disparaître.

Il y a lieu ici de créer à bon marché, tout en sauvegardant le plus possible la question d'art et de bon goût, reléguée à un plan accessoire.

Dans cette situation, l'industrie parisienne accuse chaque jour des progrès nouveaux et positifs. — L'étude du dessin et du modelage, dont le goût et l'habitude pénètrent de plus en plus parmi les classes ouvrières, est l'élément principal qui, tôt ou tard, imposera l'art à une industrie ne pouvant exister sans lui et qu'il domine déjà jusque dans la plupart de ses œuvres les plus modestes.

A l'Exposition actuelle, comme aux expositions précédentes, la France, représentée par sa capitale, n'a pas cessé d'occuper le premier rang, qu'il s'agisse de bronzes d'art ou de bronzes de commerce. — L'ouvrier parisien, artiste d'instinct, est à même de s'inspirer à des sources trop abondantes et trop saines, pour qu'il ne fasse pas preuve d'habileté et de goût jusque dans ses moindres travaux. — Sur douze à quinze mille ouvriers des diverses industries du bronze qu'on trouve à Paris, trois ou quatre mille peut-être sont de véritables artistes, capables d'imprimer à leurs œuvres un cachet de goût, de fantaisie gracieuse et d'exécution parfaite, qu'on ne retrouverait pas ailleurs.

Mais si, comme importance de fabrication (1), comme perfection et mérite des produits, la France l'emporte encore, ne nous dissimulons pas que de sérieux efforts ont été tentés depuis quelques années par des nations rivales, et que la Belgique et l'Allemagne, entre autres, nous montrent aujourd'hui des œuvres très sérieuses, dignes de toute notre attention, et à la hauteur des meilleures choses que nos fabricants ont exposées.

Les grandes expositions universelles ont été un enseignement pour les peuples industriels, nos concurrents sur le grand marché de l'univers. — Et chez ces peuples où, par la force des choses, la matière avait partout jusqu'ici dominé, on a cherché à remonter le niveau de l'art et à inculquer aux ouvriers le sentiment du dessin et la recherche d'un goût plus épuré.

Aussi voyons-nous dans l'Exposition des deux nations que nous venons de citer, et dans celle même des peuples moins avancés comme industrie,

(1) Les exportations de la France, qui atteignaient pour l'industrie des bronzes, en 1862, un chiffre de près de 50 millions, sont descendues, en 1866, au-dessous de 30 millions. Cet abaissement est dû en grande partie à l'état des affaires, mais il faut remarquer néanmoins que des États qui n'exportaient pas, ou exportaient à peine et prenaient chex nous, se sont mis à nous envoyer leurs produits depuis quelques années.

sinon comme art, la manifestation de travaux véritablement intéressants.

Notons entre autres : la Prusse qui montre des fontes et des bronzes remarquablement exécutés, depuis la statue colossale du roi Guillaume, jusqu'à la réduction du monument de Frédéric le Grand. — Ce dernier travail est traité, en outre d'un véritable mérite artistique, avec une perfection de détails dans la ciselure et dans le montage, qui est à la hauteur de ce que nous avons de plus complet dans la section française ;

L'Autriche, chez laquelle vingt et un établissements divers ont pris part au concours, et exposent entre autres des bronzes de fantaisie, d'un cachet tout parisien, peut-être trop parisien.

L'Italie qui a envoyé de très beaux bronzes d'art, qu'ils soient dus aux artistes modernes ou qu'ils soient la reproduction des chefs-d'œuvre de l'antiquité et du moyen âge ;

La Belgique, dont les bronzes d'art sont bien compris et qui montre des travaux importants comme fonte de zinc ;

La Russie, où des maisons françaises ont importé la fabrication des bronzes et qui accuse dans cette industrie de réels progrès et des tendances véritablement artistiques, qu'on peut constater en examinant un aigle gigantesque exposé dans le jardin, des candélables et des panneaux de porte remarquables, la collection des bustes des empereurs de Russie, due comme l'aigle dont nous venons de parler, à la maison de F. Chopin, de Saint-Pétersbourg.

Nous ne parlerons que pour mémoire des autres pays qui ont peu ou qui n'ont point présenté de bronzes à l'Exposition : de l'Angleterre, qui n'a que deux exposants, et qui n'a pas envoyé de bronzes de commerce, qu'elle commence pourtant à produire d'une façon sérieuse ; de l'Espagne, qui ne présente qu'une seule exposition d'objets en bronze ; du Portugal, qui n'expose pas dans la classe 22 ; de la Turquie, de l'Égypte et de la Grèce, qui montrent des bronzes byzantins d'un caractère incontestablement intéressant, mais qui n'apportent rien de nouveau comme progrès de l'art et de l'industrie.

Évidemment, ces produits s'effacent, quelque mérite qu'ils présentent, en dehors de la question d'art proprement dite, devant les travaux de l'industrie parisienne.

Ceux-ci accusent, comme ensemble, nous n'avons pas besoin de le répéter, des résultats considérables qui semblent assurer pour longtemps la suprématie de la France.

En nul endroit, du reste, ailleurs qu'à Paris, on ne saurait trouver les éléments complets de la fabrication des bronzes. — Artistes, modeleurs, fondeurs, ciseleurs, monteurs, tout ce qui se relie à l'industrie

dont nous nous occupons et est appelé à la conduire à sa perfection, se trouve à Paris, les uns travaillant chez les patrons, les autres chez les façonniers, les autres en chambre et pour leur compte, conservant leur liberté d'action et travaillant, au gré de leurs tendances, tantôt pour un fabricant, tantôt pour un autre.

C'est à ceux-là surtout, comme dans tant d'autres industries parisiennes, qu'on doit l'initiative de perfectionnements comme invention et comme économie, que n'enfante pas toujours à un égal degré le ravail en fabrique.

A ce point de vue, l'examen détaillé des objets exposés présenterait un grand intérêt, si l'on pouvait rechercher la paternité réelle de bien des choses qni attirent l'attention des gens de goût et des hommes du métier. — Mais, devant la difficulté d'envisager de la sorte l'exposition des bronzes, de même que devant l'impossibilité de juger autrement que sur l'*étalage* des œuvres qui sont recouvertes de patine, qu'on ne peut peser, ni démonter, ni même examiner sérieusement pour apprécier les qualités de la fonte, du montage, de la ciselure, nous ne pouvons que signaler en masse les expositions les plus intéressantes.

Il nous suffira donc de nommer :

— Parmi les bronzes d'arts, les produits des maisons Victor Thiébault, Barbedienne, Delafontaine, Victor Paillard, Levolle, etc.

Les animaux de MM. Mène, Dietsch, Caïn, Peyrol, Cana.

— Entre les fabricants de bronzes d'ameublement, les maison Denière, Graux-Marly, Raingo, Lévy frères.

— Enfin, parmi les fabricants de pendules et d'objets de fantaisie en bronze, en zinc et en alliages divers, les maisons Boy, Lefèvre, Miroy frères, Delfau, Vuilherme, etc.

La maison Victor Thiébault semble devoir, depuis quelques années, monopoliser les grands bronzes. — Eck et Durand, Soyer et Inger, Gonin et Richard, tous les fondeurs habiles du commencement de notre siècle ont successivement disparu pour faire place à des fabricants nouveaux, artistes sans doute, mais recherchant bien plutôt l'écoulement de leurs œuvres dans les produits du commerce que dans l'interprétation des statues monumentales. — Comme grande fonderie de cuivre, en dehors des fabriques de bronzes, proprement dites, la maison V. Thiébault seule est restée, suivie de plus ou moins loin par quelques établissements rivaux, s'occupant plus de la fonderie industrielle que de la fonderie d'art : la maison Broquin et Lainé, à Paris, et la maison Voruz, à Nantes, par exemple.

Est-ce à dire que la fonderie V. Thiébault a fait de tels progrès qu'elle justifie d'une manière absolue la réputation qu'on lui attribue et l'estime en laquelle la tiennent les artistes ? Nous croyons qu'on

risquerait de s'aventurer en confirmant cette assertion sans aucune pensée restrictive.

La fonderie des grands bronzes, entraînant avec elle des frais assez considérables comme main-d'œuvre de moulage, de montage et de ciselure, exige l'avance de capitaux importants, autant pour parer aux dépenses d'une fabrication généralement lente et coûteuse, qu'à celles de la fourniture du métal. — C'est pourquoi de très bons ouvriers et des artistes très remarquables ont dû s'effacer souvent devant des difficultés d'argent dont nous n'avons pas à expliquer autrement les causes.

De là, en grande partie, la rareté des établissements spéciaux pour la fonte des statues monumentales. — Cette rareté a-t-elle empêché le progrès ? a-t-elle pu faire qu'un établissement recherché des artistes, et presque uniquement en possession aujourd'hui de la coulée des grands bronzes, soit resté à peu près stationnaire, et se départissant trop peu de procédés surannés et routiniers ? Nous le pensons volontiers.

Nous parlons ici, bien entendu, de la fonte qui, tenant plus du métier que de l'art, est appelée à progresser dans une autre mesure que la question d'art proprement dite, laquelle est de tous les temps et procède d'un élément que l'étude et le travail ne fournissent pas seuls.

Les procédés de moulage par la cire perdue sont trop lents et trop dispendieux pour l'impatience moderne.

S'ils respectaient l'œuvre de l'artiste, s'ils permettaient d'obtenir d'un seul jet les contours les plus riches comme décoration, les plus compliqués comme détails, ils entraînaient une telle dépense de temps, de tels soins, de telles chances de perte d'un moule et d'un modèle péniblement créés, que notre époque à la vapeur devait forcément les écarter.

Quelques rares fondeurs pratiquent encore la cire perdue, mais c'est plutôt en Italie qu'en France, où cet art semble avoir à peu près complètement disparu.

On peut voir à l'exposition italienne un spécimen curieux de fonte en cire perdue, due à un fondeur français, attaché à la Fonderie royale de Florence (1). Ce type, qui est un modèle de colonne triomphale, assez médiocre comme dessin, est très remarquable comme fonte. — Qu'on se figure un fût évidé, montrant à l'intérieur un escalier cylin-

(1) Nicolas Molerat, que j'ai eu sous mes ordres alors que j'ai fait exécuter les grandes fontes décoratives de la place de la Concorde et des Champs-Élysées, était un habile ouvrier mouleur et fondeur en fer. Peu d'ouvriers, à ma connaissance, ont poussé plus loin la passion du métier. Celui-ci s'est fixé depuis longtemps en Italie, où il a fait à la fois de la fonderie de bronze et de fer.

drique, pourvu d'un chapiteau orné, bordé d'une balustrade à jour et surmonté d'une statuette; tout cela coulé d'un seul jet, à une épaisseur prodigieusement faible et pesant ensemble 6 à 7 kilog., pour une hauteur de $1^{m},50$.

Ce qu'il a fallu de temps et de persévérance pour arriver au terme d'un tel travail est véritablement étonnant, pour qui connaît la pratique du moulage.

Cette œuvre impossible, devant laquelle auront passé des milliers de visiteurs, sans qu'elle ait soulevé un instant d'autres regards que ceux des passants distraits, cette œuvre a coûté à l'habile ouvrier qui l'a produite à temps perdu, en dehors de son travail normal, trente-trois mois de patience et de volonté. — En supposant que ces trente-trois mois, qui comprennent huit mois de modelage et d'apprêt, sept mois de moulage, fonte et ciselure, dix-huit mois de séchage, aient pu être réduits de moitié, même des deux tiers, si l'ouvrier avait consacré à ce travail la totalité de son temps, on reste encore devant une dépense de temps considérable, qui fait qu'on se reporte, malgré soi, aux œuvres des artistes patients et laborieux de la Renaissance, et qu'on est tenté de se demander si de telles œuvres sont encore de notre siècle.

Des procédés d'exécution comme ceux que nous citons ne sont plus, aujourd'hui, du domaine de nos tendances industrielles. C'est de l'art rétrospectif plutôt que du travail ouvrier; et cependant, cet art, tellement rare à présent qu'il doit sembler caduc aux fondeurs hâtés de nos jours, cet art inspire encore une telle confiance à certains fondeurs, en Italie, que l'habile praticien dont nous parlons nous disait avec conviction : « Par le moulage en cire perdue, je prendrais l'engagement de mouler une colonne de 50 mètres d'élévation et de la couler d'une seule pièce, avec tous ses accessoires, le tout à une légèreté de métal impossible par les procédés ordinaires, avec du temps et de la dépense, il est vrai, mais peut-être avec pas beaucoup plus de temps et d'argent qu'on en dépenserait pour obtenir un monument exécuté dans les conditions qui ont présidé à la fabrication de la colonne Vendôme. »

Qu'on trouve dans cette opinion une exagération que nous admettons, mais que nous ne discuterons pas, nous pensons, néanmoins, que de tels procédés de moulage, aujourd'hui perfectionnés et aidés par toutes les ressources dont dispose l'industrie moderne, ne seraient peut-être pas à rejeter absolument et seraient peut-être les seuls qui permettraient d'obtenir des objets gigantesques d'un seul jet, avec des épaisseurs très faibles, et une finesse de détails que ne donnerait pas, à un égal degré, le moulage en sable, même le plus soigné.

Au moulage en cire perdue, les anciens fondeurs ont opposé le moulage en terre; puis de nos jours est venu le moulage en sable par assises, et enfin le moulage en châssis, qui est celui en usage aujour-

d'hui, et qui est considéré comme le plus rapide et le plus économique au point de vue de l'exécution pure et simple du moule.

Les procédés de moulage en sable demandent des mouleurs très habiles et une matière particulièrement appropriée à un tel travail. — Sous ce dernier rapport, les fonderies de Paris, — les fonderies de bronze du moins, car c'est une autre question pour les fonderies de fer, — possèdent à la fois les meilleurs mouleurs, et peut-être les sables les plus propices à une coulée bien réussie du bronze.

Ces éléments fondamentaux assurent évidemment à la fabrication parisienne une grande supériorité. Mais, cela n'empêche pas la fonderie des grands bronzes d'être encore à l'état rudimentaire, au point de vue de l'outillage, et de ne savoir chercher la réussite que par un démontage trop répété des détails et même des parties importantes dans les pièces à fondre.

Une telle manière de procéder est évidemment plus simple et plus facile, puisqu'elle exige des mouleurs moins habiles, et qu'elle permet d'éloigner certains défauts de coulée ou d'obtenir des épaisseurs plus faibles; mais elle rentre davantage dans le métier que les anciennes méthodes de moulage. — Ce n'est pas que nous voulions lui reprocher la simplicité qu'elle cherche et l'économie qu'elle réalise. — Nous la discutons seulement au point de vue de la grande fonderie, de la fonderie artistique, comme la comprenaient encore les derniers représentants des Keller. Nous regrettons qu'il n'y ait plus, dans le bronze, d'ouvriers assez habiles, ni de fondeurs assez exercés pour rechercher dans les procédés nouveaux ou dans la combinaison de ces procédés avec les méthodes anciennes, les moyens de reproduire ces belles épreuves qui n'étaient pas sans défaut, sans doute, mais qui sortaient du moule tout d'une pièce, hardies et rigides, apportant au sculpteur son œuvre d'une seule masse de bronze, tout comme s'il l'avait taillée dans le métal ou dans le marbre.

Avouons que quand, dans notre étonnement, nous entendons dire aujourd'hui : la fonderie Thiébault vient de couler la *culotte* de telle statue (1), la tête du cheval, le manteau, etc., nous sommes vivement peinés, dans notre amour-propre de fondeur, qui voudrait trouver de grandes choses exprimées par de grandes œuvres, et qui regrette de voir que, par économie ou par insuffisance, nos fondeurs actuels, même ceux qui sont renommés, découpent en morceaux des bronzes qui n'on de monumental que l'apparence.

En dehors de cette tendance à diviser les modèles qui amoindri l'œuvre du sculpteur, et qui doit faire disparaître les bons ouvriers

(1) Par cette expression significative, les ouvriers entendent la partie inférieure ed la statue, les deux jambes démontées et privées de tout accessoire.

mouleurs, on pourrait chercher si les alliages sont toujours bien observés, si les métaux sont bien choisis, si la coulée est décisive, faite à point, assez chaude sans exagération, assez abondante pour que les parties élevées du moule viennent pleines, nettes, vives sans défauts.

Là est une question d'expérience qui repose sur la tradition dont s'inspirent certaines maisons et qui leur donne une supériorité réelle. — C'est ainsi qu'en examinant, à la classe 40, des bustes exposés par la fonderie Victor Thiébault, on reconnaît que ces bustes ont été moulés et coulés avec un talent véritable. — Rien qu'à l'examen des surfaces, on reconnaît que la matière est mince, égale d'épaisseur et d'un alliage satisfaisant. — En voyant les jets multiples attachés encore aux pièces coulées et retenus par des tranches d'une délicatesse extrême, d'un nombre suffisant pour bien amener le métal dans toutes les parties du moule, d'une section tellement exacte que ces tranches se détachent d'elles-mêmes, sans efforts, sans emporter la matière et trouer la pièce, on regrette de ne pas voir au nombre des récompensés l'habile mouleur qui a produit un tel travail, et qui doit être un des rares ouvriers d'élite qu'on peut trouver encore à Paris.

L'exposition de la fonderie Lainé et Broquin (ancienne maison Détourbet), qui avoisine l'exposition Victor Thiébault, montre des bustes moins réussis que ceux dont nous parlons. — Comme circonstance atténuante, notons, bien que ce ne soit pas strictement du domaine de notre étude actuelle, que les bronzes de mécanique et la robinetterie Lainé et Broquin sont généralement mieux traités et semblent d'une fabrication plus étudiée et plus surveillée que les objets analogues de l'exposition Thiébault.

Nous aurions encore beaucoup à dire et d'autres œuvres à citer, si notre travail ne devait avoir des limites restreintes. — Nous aurions aussi bien du temps à dépenser si nous voulions nous arrêter devant chaque exposant et discuter le mérite de ses produits au triple point de vue artistique, industriel et commercial.

Il nous suffira de revenir rapidement sur quelques-uns des noms déjà cités et de noter rapidement nos impressions devant l'exposition de certaines maisons dont la réputation n'est plus à faire. — Rappelons ainsi :

La maison Barbedienne, dont l'heureux chef, parvenu aujourd'hui au sommet de son industrie, a su s'entourer d'artistes de talent et d'ouvriers habiles. — La réputation de cette maison s'est appuyée au début sur la production et la réduction intelligente des chefs-d'œuvre de l'art antique, à l'aide des procédés Collas. — Éditeur d'abord, M. Barbedienne est devenu à son tour fabricant de bronzes et a su joindre à l'exploitation d'un procédé industriel, appliqué en principe à la vulgarisation de l'art, l'attrait que sollicitent les bronzes modernes.

Un choix bien compris des modèles, une étude attentive de la fabrication, une surveillance sévère de l'exécution comme respect de la forme au moulage et à la ciselure, tels sont les éléments qui ont placé la maison Barbedienne au premier rang et qui lui ont attiré une clientèle qui ne veut pas être banale et qui recherche avant tout l'art dans son aspect le plus sévère et dans son expansion la plus pure.

MM. Paillard, Marchand, Denière présentent, comme la maison Barbedienne, de beaux types en bronze; mais généralement leurs modèles sont moins épurés et offrent un caractère plus commercial. — On sent que chez ces fabricants, l'alliance est plus cherchée entre l'art proprement dit et la décoration. — La transition entre le bronze d'art et le bronze d'ameublement est plus sensible. — Si la maison Barbedienne paraît vouée davantage à l'antique, les autres semblent s'appuyer à un degré plus prononcé sur la reproduction ou l'imitation des œuvres de la Renaissance. — Elles tendent peut-être plus aussi vers la fantaisie. — Des dorures plus abondantes, l'emploi de patines de différents tons, pas toujours heureux, l'abus des bronzes noirs, tout cela indique, non pas l'absence d'habileté, de capacité, d'intelligence des fabricants que nous citons, et qui sont réellement des maîtres dans leur industrie, mais la nécessité de pourvoir aux besoins d'une clientèle moins exigeante à l'endroit de l'art dans sa simplicité et dans sa sévérité, mais plus à la recherche du luxe dans l'ensemble, des effets criards et de la richesse apparente dans les accessoires.

Jaloux du reste de reporter sur les hommes qui ont concouru à leur réputation une partie des faveurs du jury, MM. Barbedienne, Marchand, Paillard et Denière sont les seuls, entre tous les exposants français de la classe 22, qui ont signalé leurs coopérateurs.

M. Barbedienne, entre autres, dont la maison est hors concours, et qui paraît avoir atteint la plus haute limite des honneurs qu'un fabricant puisse espérer, a fait accorder des médailles de bronze aux cinq principaux contre-maîtres de ses ateliers, et une médaille d'or à M. Sevin-Constant, un sculpteur habile dans l'art de créer et de disposer les ornements.

Nous félicitons M. Barbedienne, qui a profité de sa position comme membre du jury de sa classe, pour venir en aide à ses collaborateurs. — Pourquoi faut-il attendre, — ceci est un reproche que nous n'adressons pas à la classe 22 seulement, — que les chefs de nos grands établissements industriels soient saturés de récompenses, qu'ils n'aient plus rien à désirer, pour qu'on les voie un jour appeler l'attention publique sur les hommes qui les ont aidés à créer leur fortune et leur gloire! — Pourquoi faut-il regretter que, même chez ceux qui n'ont plus qu'à se reposer dans la réputation acquise, on ne trouve que

par des exceptions rares, comme celles que nous signalons, les collaborateurs avoués et récompensés !

Les jurys, sans doute, feraient acte de justice et de bonne volonté, en recherchant eux-mêmes ces collaborateurs qu'on leur cache et qu'il serait facile de découvrir. — Mais où rencontrer des hommes ayant le temps et le désir de s'occuper de pareilles choses si simples, si naturelles, si équitables? A quelles mains confier le soin d'empêcher le personnalisme de faire sa trouée et de marcher seul en avant, laissant le vide derrière lui? — Bornons-nous donc à signaler les faits trop rares de collaborations récompensées qu'ont pu laisser passer la satiété des exposants en nom, ou la volonté de quelques hommes d'élite ayant assez de cœur pour reconnaître qu'ils n'ont pas tout fait à eux seuls et que ceux qui les ont aidés ont bien mérité, aussi, de l'industrie reconnaissante.

MM. Delafontaine, Servant, Raingo frères, qui ont obtenu des médailles d'or ont également de beaux modèles et des bronzes bien traités comme fonte, comme montage et comme ciselure. — Mais chez eux l'ameublement domine la statuaire, et c'est surtout comme grands ornemanistes qu'ils ont été récompensés, plutôt que pour leurs figures, dont quelques-unes ne sont pas du goût le plus épuré.

Les animaux de MM. Mène et Caïn, qui sont à la fois artistes sculpteurs et éditeurs de leurs œuvres, sont très remarqués. — La porte du baptistère de Florence est bien autre chose comme finesse dans les détails, perfection dans l'exécution, réussite dans la fonte et dans la retouche, que cette copie grattée, polie, mise en dépouille, dont M. Villemsens nous montre une réduction. C'est ici que les vieux fondeurs, amis de la cire perdue, pourraient faire, avec raison, le procès du moulage en sable.

Comme bronzes bien compris, soit au point de vue de la décoration, soit à celui de l'exécution, citons encore quelques pièces à voir dans les expositions de MM. Graux-Marly, J. Graux, Lemaire, Charpentier et Cie, Buisson et Levaux, etc. — Chacune de ces maisons a ses tendances et marque ses produits d'un cachet particulier qui lui est imprimé évidemment par les exigences d'une clientèle venant plutôt des pays étrangers que de la France. — En cette situation, on s'explique qu'à côté de très bonnes et très estimables choses, il se glisse des œuvres d'un goût douteux et d'une exécution plus ou moins faible.

Nous arrêterons ici des citations qui, pour la plupart des exposants dont nous aurions à parler, se résumeraient en une conclusion qui revient à dire ceci : Des œuvres bien comprises partout, à côté de travaux faciles, lâchés, incorrects, qu'on sent imposés par les besoins du commerce ou qui résultent de ces erreurs que le fabricant le plus

nabile ne peut toujours éviter, et qui lui font reconnaître, une fois le bronze amené à son achèvement, que le modèle, qui lui a plu d'abord, que la maquette dont il s'est engoué n'ont pas répondu à son attente et ont trahi son goût, en même temps que son expérience.

Le jury a été peu prodigue de récompenses, et surtout de récompenses élevées pour les producteurs de bronzes dits d'imitation. — C'est fâcheux ; car, dans cette voie, l'exposition accuse de véritables progrès, non pas seulement comme industrie, mais comme art.— Nous voulons bien admettre, et nous reconnaissons, sans un instant d'hésitation, que l'art a moins à voir dans les bronzes qui font appel au zinc ou à l'étain, que dans les bronzes composés à l'aide de la matière d'élite, résultant des alliages du cuivre, que les âges ont consacrée, et dont la beauté comme la durée sont incontestables. — Mais, cette part faite aux bronzes, il faut reconnaître, dans ce qui est leur imitation, les efforts d'une industrie nouvelle, appropriée aux besoins matériels de notre époque, et mettant sinon l'art, du moins le semblant de l'art, aidé par un sentiment très certain du vrai et souvent du beau, à la portée du plus grand nombre.

Sous ce rapport, les fabricants de bronzes imités doivent être distingués à l'égal de tous ceux qu'une production active et importante, en même temps que recherchée au dedans et au dehors, amène à faire progresser la fortune commerciale et la gloire industrielle de la France.

Qu'on vienne dire en examinant les bronzes véritables à côté des zincs ou de toutes autres imitations en alliages mous, que ces imitations ne sont pas susceptibles d'être classées, qu'elles n'ont aucun rapport avec l'art industriel : c'est un considérant que ne saurait admettre un observateur impartial. — Que de tels produits ne soient pas de l'art exclusivement, nous le voulons bien; qu'ils ne soient pas considérés au même degré, ou plutôt au même point de vue que les bronzes, nous le voulons encore. — Mais alors il fallait leur attribuer un classement différent et les ranger dans une catégorie plus industrielle sans doute, mais non moins digne d'attention.

En somme, si l'on excepte certains articles informes, qui n'ont d'autre mérite que leur excessif bon marché, et qui ne se recommandent ni par des motifs heureux ou bien compris, ni même par une fabrication soignée, il faut reconnaître qu'il y a, dans quelques expositions des fabricants de bronzes d'imitation, des choses réussies et qui feraient dire, en voyant certains bronzes douteux qui les avoisinent, que mieux vaudrait un bon zinc d'un modèle épuré et d'une fabrication intelligente, qu'un mauvais bronze d'un goût mauvais et d'une exécution risquée.

Si parmi les zincs imitant le bronze on rencontre beaucoup trop de ces erreurs de goût et de bon sens, comme ces grotesques informes qu'on a trop répétés, comme ces types crûment coloriés qui visent à l'effet et rappellent avec trop de vérité les bonshommes en plâtre que vendent, dans les campagnes, les marchands ambulants, — il faut reconnaître qu'il y a entre des tentatives malheureuses, beaucoup d'essais réussis, non seulement comme pastiches de bronzes, mais comme effet reproduit de véritables bronzes.

Certains sujets, retouchés avec soin, recouverts d'une dorure ou d'une patine bien comprise, même de peinture, quand cette peinture est faite avec goût et dans le style voulu, certains objets, disons-nous, au milieu des expositions de la Compagnie anonyme de Bruxelles, des maisons Blot et Drouard, Lefèvre, Boy, Vuillerme, Robin frères, etc., appellent un examen sérieux et ne sont pas indignes de l'attention des gens de goût.

Qu'on se dise, après tout, que les *zincs d'art* ou plutôt les imitations de bronzes répondent à des besoins importants que les bronzes réels ne peuvent satisfaire, en raison de leurs prix élevés, que ces imitations satisfont aux demandes multiples d'une clientèle étrangère qui apporte sur notre marché ses fantaisies, ses goûts le plus souvent distincts des nôtres, mais ayant leur raison d'être, bonne ou mauvaise. Et l'on reconnaîtra qu'on est en face d'une industrie sérieuse, qui, sans détrôner le bronze, est appelée à développer le goût et l'attrait de l'art parmi les masses, dans des conditions particulières où le bronze ne saurait réussir.

L'industrie des zincs fondus imitant le bronze ne date pas de loin, du reste. — Il y a à peine vingt ans que la Société de la Vieille-Montagne, voulant ajouter une nouvelle branche d'écoulement à sa production, s'entendait avec un fabricant de bronze intelligent, M. de Braux d'Anglure, et organisait, rue de Ménilmontant, une première fonderie de zincs d'art. — L'élan donné, cette fabrication s'est répandue ; elle est devenue aujourd'hui assez importante pour représenter un chiffre d'affaires considérable, qui ne pourra que s'accroître. — Dans les mains de producteurs intelligents, sachant choisir leurs modèles, sachant faire retoucher à un degré suffisant la matière rebelle que fournissent des creux métalliques, comprenant que la décoration peut emprunter tout autant à une patine sobre et solide qu'à une peinture criarde ou à une dorure sans consistance, l'industrie dont nous parlons doit non seulement vivre et s'étendre, mais elle doit prendre une place de plus en plus accentuée dans la série importante des industries exclusivement parisiennes.

A cet égard, elle mérite, de la part de la grande industrie du bronze, son aristocratique sœur, une attention qui n'est pas à dédaigner, à

raison de la concurrence sérieuse qu'elle peut lui apporter un jour, bien qu'il y ait place pour toutes deux dans l'avenir, parce qu'elles seront le plus souvent appelées à agir dans des milieux différents et à s'adresser à des sources forcément divergentes, la médiocrité et la richesse.

II

Si l'art de couler le bronze n'a pas accusé, depuis des siècles, des perfectionnements notables, de ces progrès qui transforment une industrie et lui ouvrent des horizons imprévus, l'emploi de la fonte de fer, appliquée à la reproduction des œuvres de la sculpture, est un fait nouveau, amené par notre époque positive, et dont l'avénement est marqué au coin d'une originalité toute moderne.

La connaissance de la fonte de fer, à l'état élémentaire, est loin de s'appuyer sur une ancienneté aussi respectable que celle du cuivre, de l'étain ou même du zinc.

Si les anciens ont connu la fonte, ils n'ont pu la considérer que comme un état particulier et transitoire du fer, que comme un métal inutile, dont les propriétés ignorées ne leur indiquaient pas d'autre emploi.

L'oxydation, relativement rapide du fer, n'a pas permis de retrouver, parmi les restes des travaux métalliques que l'antiquité a laissés derrière elle, un grand nombre d'échantillons, pouvant autoriser les savants à affirmer avec exactitude vers quelle époque le fer et l'acier ont été employés, et même si les peuples primitifs ont connu plus tôt le fer que l'acier ou l'acier que le fer; il est évident que le traitement des minerais de fer a dû être en principe d'une excessive simplicité, et que jetés au milieu d'un feu ardent, sur des soles creusées en plein air, ou dans des fourneaux d'une construction grossière, les sables ferrifères et les hydrates bruns qui semblent avoir été principalement employés, subissaient une réduction imparfaite, passant par l'état de fusion plus ou moins complet pour arriver à l'état de fer ou d'acier. L'absence de fondant ou leur insuffisance dans les terres et les gangues adhérentes aux minerais, a dû reculer la découverte du fer cru, qui ne présentait ni assez de liquidité, ni assez de pureté pour être jeté en moule et pour reproduire des empreintes même abruptes.

Au fond des creusets improvisés, des fourneaux informes, que devait édifier une industrie dans l'enfance, l'ouvrier des premiers âges recueillait une masse incandescente plus ou moins pure et pâteuse. Le

choc d'un marteau, la pression d'un corps dur quelconque pétrissait cette masse, la travaillait et la soudait en la consolidant d'une manière plus ou moins réussie, en lui imprimant une forme primitive.

De là, le fer et aussi l'acier, que la tradition confond avec l'airain qui devait être le bronze, et qui le plus souvent contenait lui-même du fer emprunté à des minéraux insuffisamment préparés et purifiés.

L'existence ancienne du fer qui paraît incontestée, bien qu'elle ne nous montre aujourd'hui que d'assez rares traces d'une authenticité souvent douteuse, au point de vue de la date à assigner aux emplois de ce métal, ne laisse nulle part l'indication précise de procédés de fabrication, que les savants sont réduits à supposer plutôt qu'à affirmer.

Des débris de scories, des armes, des couteaux, des marteaux et des outils retrouvés dans les tombeaux Assyriens et Égyptiens, dans les fouilles opérées en Grèce et en Asie, ont permis à divers auteurs de constater l'existence du fer pendant et même avant la période homérique.

Homère, lui-même, parle dans l'*Illiade* et dans l'*Odyssée* de l'existence et de l'utilisation du fer.

Le fer était très estimé chez les Grecs, les Égyptiens et les Hébreux. On l'employa en grandes quantités à la construction du Temple de Salomon. A Sparte, sept cents ans avant Jésus-Christ, on s'en servait comme monnaie, les métaux précieux ayant été proscrits par les législateurs.

D'après Hérodote, Glaucus de Chio apprit à souder le fer,uatre cent trente ans avant Jésus-Christ.

Plus tard ce métal fut célébré par les poètes. Les fers de la Styrie, ceux de la Norique et plus vraisemblablement les fers de la Silésie, étaient très recherchés et fort estimés par les Romains.

Vers la même époque, dans les autres parties du Nord de l'Allemagne, en Russie et en Suède, on rencontre des traces très accusées de l'emploi du fer. Les tribus du Nord de l'Europe, les plus avancées comme civilisation, certaines hordes Tartares, entre autres, traitaient les minerais de fer à l'aide de foyers creusés dans le sol et surmontés d'une cheminée conique construite en pisé; une ouverture placée à la base du fourneau et fermée pendant la fusion, ou plutôt pendant l'amollissement et la liquéfaction, permettait d'extraire le métal sous forme d'un culot métallique impur, qu'on devait traiter ensuite par le réchauffage et par le forgeage.

Le vent était introduit latéralement à l'aide d'appareils soufflants d'une installation primitive, et qui, s'ils n'étaient dûs à des canaux d'aspiration et d'entraînement de l'air, devaient être, d'après quelques

auteurs, des outres grossièrement façonnées, remplies d'air et dégonflées alternativement.

Des procédés analogues semblent avoir été pratiqués par les ouvriers, à la suitedes cohortes Romaines, dans leurs pérégrinations à travers le monde, les foyers relevés au-dessus du sol étaient chargés par couches successives, de minerai et de combustible, et activés tantôt par une soufflerie mécanique primitive, tantôt par un simple tirage d'air; on liquéfiait le fer en une ou en plusieurs fois, pour en améliorer la qualité avant de le livrer au forgeron.

C'est longtemps après l'époque héroïque, dans tous les cas, que les auteurs anciens parlent clairement du fer et paraissent comprendre en même temps que raisonner sa fabrication; pour eux, c'est un métal que le feu amène à l'état amolli plutôt que liquide, et dont la scorie pâteuse, en tant qu'elle surnage sur un bain imparfait, doit être séparée, si l'on veut que le fer se soude et se travaille. Mais tous, sans exception, n'entrevoient pas la liquéfaction du métal assez complète pour admettre dans cette propriété autre chose qu'un travail de forge.

Toutefois, si la fonte n'est pas soupçonnée, ou du moins si son application n'est pas trouvée, alors que le fer commence à se répandre, la science, déjà éclairée, distingue le fer de l'acier, dont elle comprend les propriétés et dont elle se prépare à utiliser la trempe.

A l'époque de l'invasion Romaine, dans les contrées au Nord et au Midi de la vieille Europe, le travail du fer semble montrer, du moins, s'il ne s'est pas encore imposé, un développement plus accusé. Les Bretons, les Romains eux-mêmes, dans la Germanie, dans la Gaule et dans l'Ibérie, extrayaient sur une assez grande échelle le fer de ses minerais et le traitaient par voie directe dans des foyers, où il était amené à l'état malléable avec l'aide de procédés de fabrication analogues à ceux connus sous le nom de *Méthode Catalane*, si ce n'était pas exactement par cette méthode elle-même.

On se servait alors de fondants bien ou mal appropriés qui, dans certains cas, amenaient le métal à un état liquide assez prononcé suffisant pour attirer l'attention des ouvriers et pour la fixer sur l'étude des propriétés de la fonte.

Cependant, l'expérience ne devait révéler que, plus tard, l'utilisation du fer cru par l'application d'appareils plus complets de fusion, dits hauts-fourneaux, qui devaient être la déduction lente, mais progressive, des premiers foyers de réduction et des feux catalans, en passant par les transformations des *Stuckoffen* ou bas-fourneaux allemands et des fourneaux à *Osmund*. Dans ces fourneaux, on produisait à volonté de la fonte ou du fer, même de l'acier, suivant qu'on faisait varier les proportions de combustibles et de fondants. La fonte à l'état semi-

pâteux se coulait en masses plus ou moins pures pour servir, par le réchauffage et le martelage, à la fabrication du fer.

Suivant les auteurs allemands, les *Stuckoffen* prirent naissance en Styrie, pour, de là, s'étendre en Bohême et en Saxe et se répandre plus tard en France, dans la Grande-Bretagne et dans les Pays-Bas. Leurs proportions se modifiant et leur hauteur s'accroissant, les *Stuckoffen* devaient donner naissance aux hauts-fourneaux. C'est en effet ce qui se produisit.

Mais avant d'aborder cette phase, la plus intéressante pour le sujet qui nous occupe, l'emploi de la fonte, qu'on nous permette de terminer rapidement le précis historique que nous avons commencé.

Au commencement du VIIIe siècle, on exploitait régulièrement des mines de fer en Styrie. Vers le IXe siècle, on vit l'art d'extraire le fer de ses minerais s'étendre au Nord de l'Allemagne, en Bohême, dans la Saxe et dans le Hartz. Les forges de l'Espagne, des Pays-Bas et de la Suède, commencèrent à se produire dans les mêmes temps. Puis, pendant des années, la métallurgie du fer ne semble pas sortir des langes imposés au début par des procédés primitifs.

Toutefois, dès le Xe siècle, la mise en œuvre, sinon la production du fer, se révèle par des produits remarquables. Se dégageant plus clairement d'un milieu où, jusque-là, le métal n'avait paru que sous des formes pour la plupart à l'état d'ébauches grossières ou incomplètes, le fer vient revêtir la livrée de l'art encore hésitant, mais progressif, des habiles ouvriers disciples de saint Éloi, et dépositaires des traditions industrielles et artistiques apportées de l'Orient. Dans cette voie parcourue lentement par des générations qui se transmettent, de famille en famille, un trop rare métier, reposant sur des recettes merveilleuses ou sur des procédés empiriques, dans cette voie se montrent, après des siècles, les armuriers de l'Espagne et des Flandres et les ouvriers artistes du moyen âge, dont les travaux, en haute réputation, vont être recherchés par toutes les nations, chez lesquelles l'industrie, longtemps comprimée va prendre des racines, qui, plus tard, envahiront et emporteront le terrain féodal.

Le progrès se fait pour le fer et pour l'acier; mais il reste dans le domaine des armuriers et des artistes, des forgeurs et des ciseleurs. La fonte est ignorée encore. Ce n'est que plus tard qu'elle viendra, et avec elle le perfectionnement des procédés de production métallurgique.

Elle se montre, en effet, vers la fin du XVIe siècle et plutôt dans la première moitié du XVIIe siècle. Apportée par la création des hauts-fourneaux, déduction lente mais évidente des bas-fourneaux allemands, la fonte obtenue suffisamment liquide pour être coulée en

moules, vient enfin faire face à une industrie nouvelle. Elle révolutionne complétement la métallurgie du fer, et sans qu'il soit question même de la propriété extraordinaire qu'elle possède de reproduire les empreintes les plus délicates accusées par le moulage, elle donne par la coulée en saumons ou en gueuses, un métal obtenu en abondance, d'une nature déterminée, permettant d'organiser industriellement la fabrication du fer et d'amener ce métal à l'état vulgaire, qui doit en faire de nos jours un des éléments les plus considérables de progrès et de prospérité, dont l'humanité soit pourvue.

Est-ce en France, — est-ce en Allemagne, — est-ce en Angleterre que le premier haut-fourneau a été construit? C'est une question que nous ne chercherons pas à élucider. Le premier grand appareil appliqué à la production pure et simple de la fonte a-t-il donné, du premier abord, de la fonte destinée à revêtir des formes variées demandées aux procédés du moulage ou à une matière coulée en vue seulement de préparer et de faciliter la fabrication du fer ? — Nous inclinons vers cette dernière hypothèse.

Il est en effet probable, que les premiers hauts-fourneaux n'ont produit que de la fonte à demi-liquide, impropre au moulage. Toutefois, si l'on fait remonter la pratique des fontes moulées à la création des hauts-fourneaux, des preuves certaines indiquent d'une manière authentique qu'un premier appareil de ce genre a été construit en 1409, dans la vallée de Massevaux, à Reimback, dans le département du Haut-Rhin. Un autre, le fourneau d'Audincourt, dans le Doubs, était en pleine marche en 1440; un autre encore, à Froidevent, dans la Côte-d'Or, fonctionnait en 1508.

En Angleterre, les premiers hauts-fourneaux ne paraissent se produire que plus tard, vers 1535 environ. Toutefois, d'après les travaux d'antiquaires anglais l'emploi de la fonte moulée semblerait avoir pris naissance à Bucksteed, dans le comté de Sussex, où les premiers canons de fonte furent fabriqués en 1543.

Les hauts-fourneaux français que nous venons de citer avaient-ils, à cette époque, pratiqué le moulage de la fonte autrement que pour des objets grossiers, moulés d'une manière informe et coulés à découvert? Personne ne nous le dit, parmi les auteurs que nous avons consultés.

Nous trouvons néanmoins, dans l'indication donnée par M. Lower, à propos de l'usine de Buckesteed, que le maître fondeur de cette usine employa comme aide un nommé Pierre Baude, français, qui lui apporta des méthodes nouvelles et perfectionnées, que les anglais dépassèrent bientôt dans l'art de fondre les canons et de les obtenir plus lisses et plus parfaits.

Quoi qu'il en soit, la France a le droit de prendre date ici; et si le lieu exact de production des premières fontes moulées en Europe n'est

pas suffisamment constaté, on peut du moins réserver à notre pays une part d'initiative incontestable dans la création d'une industrie qui devait prendre les proportions colossales que nous admirons aujourd'hui.

Quelle que part qu'on fasse d'ailleurs à chaque contrée dans le développement de la métallurgie du fer et de la fonte, on constate, à partir du XVIIe siècle, un mouvement prodigieux dans les usines à fer. Déjà, à cette époque, l'Angleterre, couverte de hauts-fourneaux, se plaint de la dévastation de ses forêts, amenée par la consommation considérable de ces insatiables appareils.

On cherche et l'on prépare le travail à la houille, qui doit un jour, avec l'application des forges nouvelles, amener l'invention des laminoirs, l'emploi de la vapeur comme force motrice, et conduire la Grande-Bretagne au niveau de la puissance métallurgique que nous lui connaissons (1).

Sur le terrain de la fabrication du fer, l'Angleterre nous devance longtemps ; elle nous domine encore par l'importance de sa fabrication et le bas prix de ses produits.

Sur le terrain de la fonte moulée, elle nous dépasse comme travail des grandes pièces de fonte, comme moulage en terre, qui a été chez elle, aussi bien que chez nous, le premier élément de la fabrication des fonderies. Puis, à un moment donné, nos hauts-fourneaux français, produisant la fonte de toutes pièces et la jetant en moules sans la faire passer par la deuxième fusion, arrivent, aidés par la création des meilleurs modèles œuvres de ces artistes de goût et de talent, dont notre pays semble s'être réservé le monopole, à produire des ornements, des figures, des pièces d'une délicatesse extrême et d'une perfection que nos concurrents ne sauraient atteindre.

Par suite de sa fabrication exclusive à la houille et de la production considérable demandée à ses hauts-fourneaux, l'Angleterre ne peut ou ne veut obtenir des moulages de première fusion.

Il y a peu d'années encore, tous ses fourneaux donnaient de la fonte brute reprise et traitée par les fonderies de seconde fusion.

Gâtés par le prix de revient excessivement faible de la fonte brute,

(1) L'emploi du coke date de 1720, comme résultat acquis. — De premiers essais furent tentés en Angleterre un siècle auparavant, et des patentes royales furent accordées, qui n'aidèrent alors que des tentatives infructueuses. — L'emploi de la houille crue ne vint que vers 1784, à la fin du dix-septième siècle et il fut assez longtemps restreint, du moins comme alimentation des hauts-fourneaux. — A la même époque, le travail au coke s'imposait, partout où la métallurgie du fer venait menacer les forêts d'une dévastation rapide. — Il est juste, croyons-nous, de reconnaître que nous devons à l'initiative de l'Angleterre l'application usuelle de la houille et du coke dans la fabrication du fer.

cherchant dans une production énorme, relativement simplifiée par l'absence des frais accessoires qu'entraîne la main-d'œuvre du moulage, des bénéfices assurés, les maîtres de forge anglais dédaignaient la fonte moulée.

Quelques-uns, paraît-il, ont modifié aujourd'hui leur manière de voir devant la manifestation des œuvres de nos fonderies françaises et cherchent, à l'instar de nos usines, à obtenir des produits directs par la première fusion. Mais, ces tentatives n'ont pas porté coup, et rien à l'Exposition, comme dans le commerce en France, ne montre jusqu'à présent que nos haut-fourneaux travaillant en moulages aient à craindre une sérieuse concurrence.

Déjà, par ses bas prix, la fonderie de deuxième fusion anglaise pourrait lutter avec nos usines de première fusion pour la production de fontes simples, dites fontes de commerce. Que serait-ce donc, si elle se mettait à pratiquer sérieusement la première fusion? — Nos usines ont heureusement pour se soutenir des frais de main-d'œuvre moins élevés et surtout certaines ressources économiques pouvant améliorer, protéger, développer leur production, en tant que procédés mécaniques pour le moulage, perfectionnement des appareils, recherche de meilleurs mélanges de fontes et de minerais, simplification des modèles et de l'outillage, etc.

Si le fait de savoir en quelle contrée métallurgique s'est produit, pour la première fois, l'emploi de la fonte liquide laisse quelque côté douteux, qu'après tout nous n'avons qu'un intérêt médiocre à trancher ici, il est incontestable que depuis longtemps la France a pris et tient la tête de l'industrie des fontes moulées.

Dès le début de cette industrie, les hauts-fourneaux français ont produit de toutes pièces des moulages délicats. — Les usines de l'Alsace, de la Lorraine et de la Champagne ont coulé de première fusion des pièces minces, des poêles, des marmites, des objets de ménage de toute sorte, d'une perfection telle alors qu'elle ne pouvait être atteinte par les fonderies de deuxième fusion que possédait l'Angleterre.

D'un autre côté, les fondeurs anglais faisaient faire des progrès rapides au moulage des pièces de machines et perfectionnaient les procédés de moulage en terre à un point que nous n'avons jamais dépassé.

Longtemps ignoré, l'emploi de la fonte moulée prenait à son essor même des proportions remarquables. — Toutefois, pendant les premières années de notre siècle, les objets en fonte demeurèrent rares en France et se tinrent à des prix élevés. — Pour la fabrication des fontes de mécanique, les anglais avaient en quelque sorte monopolisé la fonderie, dans les grands centres industriels, au Creuzot, à Paris et à Rouen notamment. — Les premiers fondeurs anglais, les Rowcliff, les Bar-

ker, etc., apportaient alors aux constructeurs des pièces délicates de machines et des engrenages, qu'ils vendaient à des prix prodigieux, si l'on compare ces prix à ceux que valent aujourd'hui les mêmes fontes (1).

Le moulage en sable vert, plus économique que le moulage en terre ou en sable étuvé, fit rapidement baisser les prix de la fonte. — Que ce moulage, qui consiste, comme on sait, à couler la fonte dans des moules en sable non séché ait pris naissance en Angleterre, ou qu'il nous soit venu de quelques usines de la Champagne, entre autres de celles de Couzances, dans la Haute-Marne, où l'habitude de couler des pièces de vaisselle dans des moules *à vert* dut amener d'elle-même celle de verser dans ces moules la fonte des pièces mécaniques par des moyens analogues, — nous ne chercherons pas à trancher ici la question de priorité en faveur de tel ou tel pays. — Les hauts-fourneaux et les fonderies de la Prusse, de l'Autriche et de la Belgique, qui, du reste, ont marché parallèlement depuis l'avénement de l'industrie des fontes moulées avec les usines de France et d'Angleterre, pourraient peut-être réclamer des droits à la vulgarisation d'un procédé de moulage qui a certainement transformé cette industrie en rendant ses produits accessibles à tous.

L'application de la fonte étendue aux constructions industrielles, le développement considérable des machines, la vulgarisation des appareils à vapeur, devaient venir puissamment en aide à une industrie qui, pour avoir longtemps attendu ses débuts, s'imposait tout d'un coup et devenait un élément indispensable des progrès qui allaient s'accomplir. — Aussi les fonderies se multiplièrent-elles rapidement de toutes parts.

En France, tandis que les usines consacrées à la production de la fonte de première fusion se multipliaient dans la Meuse et dans la Haute-Marne, que les hauts-fourneaux de Thonnance et du Val-d'Osne, ceux de Tusey et de Montiers, de Couzances et de Pocé, abandonnaient les fontes commerciales de ménage et de fumisterie pour se livrer à la fabrication plus artistique des ornements et des pièces décoratives, la fonderie Calla, à Paris, entrait résolument dans une voie identique, et abordait la fonte des candélabres, des fontaines et des statues.

C'est, en réalité, à ce dernier établissement qu'on doit, vers 1830, les

(1) Le prix de la fonte mécanique en petites pièces valait avant 1830, 50 à 60 fr. les mille livres ou le petit mille, soit 1 fr. à 1 fr. 20 le kil. — Et la grande facilité que les mécaniciens trouvaient à employer des pièces toutes façonnées qui leur eussent coûté un prix excessif en fer forgé, leur faisait accepter sans difficulté une base qui atteint à peine aujourd'hui, dans les mêmes pièces, le taux de 0 fr. 25 à 0 fr. 30 le kilog.

premiers beaux ornements mis par la fonderie de fer à la disposition des architectes et des constructeurs. Aidés par des artistes habiles, M. Calla, puis son fils, qui lui succéda, surent produire des modèles d'un dessin pur et correct, qui, sous le régime d'un moulage bien compris amenèrent des pièces de fonte d'une netteté parfaite. — A la même époque, M. André créait aussi des modèles élégants et les conflait aux mouleurs habiles de ses fonderies de la Haute-Marne. — M. Ducel, à son tour, commençait à Pocé, et M. Muel à Tusey, la fonte des ornements qui devaient faire un jour la réputation de ces maisons.

Mais les premières grandes fontes, comme statues ou pièces d'ornementation, devaient sortir des fonderies de MM. Calla et Muel. — C'est à ces deux maisons, qui entreprenaient dans le même temps, l'une la fontaine de la place Louvois, l'autre les fontaines, les colonnes rostrales et les grands candélabres de la place de la Concorde, qu'il faut reporter l'honneur d'avoir créé en France l'industrie des fontes d'art. — M. André, organisant son usine du Val-d'Osne pour subvenir à l'insuffisance de sa fonderie de Thonnance, allait s'occuper, pour les fontaines de Chambéry, si notre mémoire nous sert bien, des premières grandes fontes décoratives sorties de ses ateliers.

Il fallait alors trouver et former des ouvriers. La fonderie de bronze, exclusivement parisienne, pouvait seule les fournir. C'est là qu'allèrent les prendre les fabricants dont nous parlons.

Chargé en ce temps là de la direction des travaux aux usines de Tusey, l'auteur de ces lignes eut à faire face à tous les besoins et à toutes les difficultés d'une industrie nouvelle, Les mouleurs en objets d'art, choisis à Paris parmi les fondeurs en bronze, étaient d'habiles ouvriers dans leur industrie ; mais ils manquaient des données nécessaires pour réussir de prime abord, le moulage et la coulée de la fonte de fer, opérations qui, bien que similaires en tant qu'exécution matérielle, diffèrent complètement comme détails et comme résultats.

Pour les hommes du métier, les nuances dont nous parlons sont facilement appréciables. La fonte de fer exige des qualités de sable différentes de celles qu'on demande aux sables destinés au coulage du cuivre ; elle entraîne des dispositions de noyaux, de coulée et des détails de moulage qui ne sont pas les mêmes. En un mot, les écarts qui se trouvent entre les densités, les points de fusion, la nature même des deux sortes de matières, expliquent d'eux-mêmes les différences entre les procédés de deux industries qui se ressemblent sans se confondre.

Les ouvriers qui vinrent de Paris à Tusey mettre les nôtres au courant d'un travail tout nouveau pour eux, avaient pour la plupart une grande expérience de la fonte de cuivre. — Mais cette expérience ne les empêcha pas de faire un apprentissage à l'endroit de la fonte de fer. — Les uns acquirent une certaine habileté relative ; les autres ne purent

se faire à la nouvelle fabrication qui leur était offerte. Et tous, au bout d'un temps plus ou moins long, après des exigences plus ou moins grandes, reprirent le chemin de Paris, après nous avoir aidé à former, avec les éléments pris autour de nous, un noyau d'ouvriers adroits. — C'est ce noyau qui a servi à créer et à développer les cohortes de mouleurs habiles que possèdent aujourd'hui les usines de la Meuse et de la Haute-Marne, et qui, dépassant leurs maîtres, ont permis aux Barbezat, aux Durenne et à tant d'autres, d'exposer des pièces d'un fini tellement parfait, que les ouvriers parisiens, même les plus réputés ne sauraient faire mieux.

Nous n'avons pas à faire ressortir ici la part personnelle que nous avons prise à l'exécution première des grandes fontes. Nous n'avons pas à rechercher pourquoi le Jury n'a pas daigné prendre la peine d'examiner les services que nous avons rendu à la fonderie par notre action comme directeur de grandes usines et par nos ouvrages. — Assez d'autres que nous ayant consacré de nombreuses années aux progrès de leur industrie ont été écartés et éconduits, pour que nous ne puissions songer à nous plaindre. Ne laissons donc ici d'autre trace que celle d'une situation qui nous appartient et que personne ne nous contestera, savoir : que, comme directeur à Tusey, nous avons été l'un des premiers coopérateurs ayant contribué à créer l'industrie toute moderne des fontes d'art.

Depuis 1835, date de l'exécution des fontes de la place de la Concorde, à Tusey, et de la fontaine de la place Louvois, chez M. Calla, à Paris, la fabrication des fontes ornées et des statues s'est améliorée au point de vue de la netteté et de la propreté des surfaces. — Elle ne s'est pas modifiée sensiblement, croyons-nous, quant aux moyens d'exécution, et à l'économie de la main-d'œuvre.

Dès l'origine, renonçant aux procédés anciens de la cire perdue et du moulage par assises appliqués à la fonte des bronzes, nous avions adopté le moulage en châssis et les boîtes à noyau, en faisant, dans une certaine mesure, bon marché des épaisseurs que la valeur intrinsèque de la fonte de fer permet de sacrifier. — On comprend, en effet, qu'en pareil cas quelques kilogrammes de matière représentent une valeur vénale insignifiante que le fondeur peut écarter sans crainte. — C'est à l'emploi du moulage en châssis, au soin qu'on prend d'éviter les noyaux *tirés d'épaisseur* dans le moule, ce qui altère toujours les empreintes reproduites par le sable, qu'il faut attribuer la netteté des surfaces qu'on remarque sur les pièces de fonte des divers exposants dont nous parlons. — C'est à cet emploi également que les mêmes fabricants demandent à la fabrication une économie qui leur permet de livrer les fontes d'art à des prix relativement réduits.

Toutefois, pour les modèles usuels, devant être surmoulés fréquem-

ment, pour fournir un certain nombre d'épreuves, on a pu, ne reculant pas devant la plus-value des modèles, établir ces modèles en métal, les démonter et les diviser de façon à permettre un moulage facile en même temps que l'exécution du noyau. — La fonderie Ducel, qui s'est placée dans cette voie avec une grande habileté, a organisé de cette facon tous ses modèles usuels, et, tout en acquérant ainsi une grande célérité dans la fabrication du moule et du noyau, est arrivée à obtenir une économie incontestable, en conservant une exécution soignée.

Du reste pour les grandes pièces, le démontage de certaines parties devant être rapportées après coup, sans être aussi absolu que dans le bronze, est une mesure utile à chercher, du moment qu'on peut l'admettre sans nuire aux surfaces ou sans détruire l'aspect artistique des objets, par des raccords incorrects ou mal compris.

Bien qu'il soit avantageux, en certains cas, de faire bon marché de la matière, il est évident que les épaisseurs doivent être ménagées si l'on veut éviter que certaines parties trop massives viennent *floues* ou *gripeuses*, ou encore que ces parties exerçant des efforts de retrait trop considérables puissent entraîner la déchirure ou la rupture des parties plus minces qui leur sont opposés d'une manière trop brusque, et qu'elles peuvent entraîner au refroidissement.

Le démontage de certains accessoires a pour objet de soulager les points d'un retrait difficile, de permettre l'assise meilleure des noyaux, et par là la réussite plus assurée des pièces, d'éviter des défauts de moulage ou de coulée là où le remoulage est difficile. — En pareil cas, le fabricant a souvent un intérêt plus grand à supporter les frais d'ajustage et de montage d'une partie quelconque d'une grande pièce, qu'à risquer les chances douteuses de la coulée d'un seul jet.

On voit à l'Exposition plusieurs statues ou autres pièces importantes portant l'indication : *coulée d'un seul jet*. — Pour le public qui ignore la fonderie, ou pour ceux qui, ayant une idée générale de cette industrie, n'en connaissent pas tous les détails pratiques, une pareille mention laisse toujours après elle l'idée d'un progrès accompli, d'une grande difficulté vaincue. — Pour les hommes du métier il y a, en dehors de l'œuvre d'un ouvrier adroit, l'indication d'un tour de force exécuté habilement, étant donnée une pièce d'apparence compliquée, mais de formes relativement simples et bien appropriées aux conséquences du moulage, de la coulée et du retrait; il y a aussi le sacrifice de certaines épaisseurs dans des parties où le noyau eût pu être un obstacle au remoulage, une entrave au retrait, une cause de matière arrivant refroidie, scoriée, rugueuse, après avoir parcouru un trop grand nombre de contours dans le moule.

La coulée d'un seul jet n'est donc pas toujours l'indication d'un

chef-d'œuvre; et il ne faudrait pas décider, sur cette donnée seulement, le mérite d'une fonderie. Il ne faudrait pas juger non plus ce mérite sur les pièces exposées telles qu'elles sont sorties du moule, avec leurs jets, leurs coutures, leur aspect de fonte bien venue, d'un ton gris et uniforme. C'est une qualité évidemment chez le fondeur qui produit de telles pièces; mais pourquoi ne dirait-on pas qu'il s'agit le plus souvent de pièces faites exprès pour les expositions, triées avec soin et confiées à des mouleurs d'une habileté exceptionnelle.

Qu'on se dise, en outre, qu'il y a de certains tours de main pour conserver aux contours et aux attaques des jets un aspect qui séduit, même les gens du métier, pour laisser aux surfaces une patine nette et régulière qui flatte l'œil et laisse penser que la fonte a dû strictement et d'elle-même sortir du moule en cet état satisfaisant.

Ces petites manœuvres seraient sans gravité si elle n'apportaient qu'un appât séduisant au commun des visiteurs. Elles ont malheureusement un côté plus fâcheux, celui d'influencer et d'entraîner le Jury.... Au moins est-il permis de croire qu'on ne s'adresse pas toujours à des hommes pratiques, à des industriels ayant la connaissance infuse de toutes les fabrications qui leur sont soumises.

On nous dira que l'appréciation des jurés ne s'établit pas seulement sur la vue des objets exposés, et qu'on consulte avec soin les documents fournis par les exposants établissant une situation industrielle plus ou moins élevée, plus ou moins importante, dans tous les cas, habile et supérieure. Ce sont là des éléments dont il faut tenir compte et que nous admettons volontiers. Mais, en logique et en bon droit, ils ne suffisent pas. On ne nous persuadera jamais, s'il est juste de couronner une ancienne maison ayant fait beaucoup, ayant fait bien, faisant bien encore aujourd'hui, qu'il ne soit pas possible d'accorder une récompense pareille à un établissement nouveau qui arrive avec des résultats supérieurs et qui, avec l'aide d'efforts extraordinaires, a réussi à se faire un nom connu.

C'est là pourtant ce qui se passe. Et c'est pourquoi les jurys seraient mieux compris s'ils étaient formés d'hommes exercés à leur industrie.

En pareil cas, n'est-il donc pas raisonnable d'admettre que les ouvriers seraient certainement plus aptes à juger sainement des questions de fabrication plutôt que des économistes ne sachant pas le premier mot du métier. En fonderie, par exemple, ils reconnaîtraient très bien les procédés un peu *ficelles* que nous avons cités, et ils sauraient faire la part de l'apport absolu dû à l'exécutant, tout autant qu'au fabricant qui a exposé de belles pièces.

Le mérite réel, en dehors du talent de l'artiste qui a fourni les modèles et de l'ouvrier qui les a exécutés, comme du fabricant qui a conçu, dirigé, conduit et mené à bien un travail recommandable,

est encore dans un choix de matières qui se prêtent exceptionnellement à l'obtention des résultats voulus.

Le sable et la nature de la fonte sont des éléments importants qui apportent à la fabrication des fontes d'art un coefficient qu'on ne saurait négliger. Il est évident que les fontes au bois, les fontes douces que produisent les hauts-fourneaux de la Haute-Marne et de la Meuse, que les sables ayant des qualités plastiques excellentes, et qu'emploient ces mêmes usines, ne sont pas sans influence sur les résultats obtenus. Qu'on y joigne l'habileté hors ligne d'une certaine catégorie d'ouvriers qui desservent un même groupe d'usines, et l'on comprendra comment les établissements du Val-d'Osne, de Sommevoire, de Tusey, de Montiers-sur-Saulx et d'autres moins importants, mais qui les valent comme mérite de l'exécution, peuvent être conduits à donner une fabrication signalée autant par la variété ou l'importance des modèles, que par le développement de la production.

Au Champ de Mars, comme aux Expositions précédentes, de Londres (1851), de Paris (1855), de Londres (1862), les progrès de la fonderie sont difficiles à constater. Partout ce sont les mêmes pièces, soignées, léchées et terminées en vue d'un concours où chaque établissement est tenu d'apporter, non ce qu'il a su faire de mieux, mais ce qu'il a pu le mieux réussir.

Le progrès, dans l'industrie dont nous nous occupons, ne peut se mesurer, d'après ce que nous venons de dire, que sur deux bases principales, très-différentes en principe, quoique ne pouvant s'exclure réciproquement :

La perfection de la fabrication;

La production facile et rapide par des moyens économiques.

Nous laissons en dehors la question d'art qui dépend de l'exploitation intelligente des modèles.

Nous reconnaissons volontiers que des produits obtenus mécaniquement peuvent fort bien s'accorder avec une exécution parfaite, lorsqu'il s'agit notamment de fontes de commerce, de machines ou de travaux publics, dans lesquelles la répétition d'une même sorte de pièce permet des installations spéciales.

La perfection du travail, dans les fontes d'art ou d'ornementation, s'accorde plus difficilement avec des procédés de fabrication à bon marché, qu'autorisent, qu'exigent même des fontes plus simples ou plus grossières. Ici l'économie ne peut être admise que dans des limites relativement restreintes.

Le fabricant peut bien, et c'est là son mérite réel, savoir faire à propos les sacrifices utiles pour obtenir des matériaux d'un bon choix; il peut s'entourer, pour l'exécution de ses modèles, d'artistes de talent; pour le moulage et la ciselure, d'ouvriers capables; mais il ne peut

rien, nous le disons encore, bien que nous ayons déjà manifesté une opinion semblable en parlant de la fabrication des bronzes ; il ne peut rien sans le concours des artistes et des ouvriers.

Ceci entendu, et l'action des coopérateurs réservée, que ceux-ci soient artistes, simples ouvriers ou chefs de fabrication, la part faite en un mot à l'art, au dessin, à la direction, à la main-d'œuvre, la fabrication des fontes d'art s'appuie, au point de vue de la réussite et de la beauté des surfaces, sur les deux points tout matériels que nous venons de citer, la qualité des sables destinés au moulage, celle du métal réservé à la coulée.

On nous permettra de donner, à cet égard, quelques détails techniques devant nous aider à établir comment a pu se produire la supériorité de certaines usines.

Les meilleurs sables à chercher sont des sables légèrement gras, d'autant plus riches en silice qu'on doit les appliquer à des pièces de grandes dimensions et de fortes épaisseurs.

Ces sables doivent être assez gros pour laisser un échappement facile des gaz à la coulée, assez argileux pour prendre le corps et la résistance nécessaires, dans tous les cas, d'un grain assez uni pour bien *garnir* les modèles, et permettre de saisir des empreintes très fermes et très nettes, résistant bien au séchage et à la coulée.

Les sables destinés au moulage des pièces d'art en fonte de fer, exigent en fait plus de corps, un grain plus ouvert que les sables qui doivent être employés au moulage des bronzes. Pour ceux-ci, un grain fin, uni, régulier supportera bien la matière à la coulée et n'exigera ni la résistance, ni la porosité demandées aux sables qu'emploiera la fonte.

Les sables verts de Couzances et d'Hévillers, dans la Haute-Marne et dans la Meuse, offrent, à un degré très-remarquable, les qualités voulues pour le moulage de la fonte de fer. On trouve, dans une même exploitation de carrières, des qualités diverses qui permettent de faire face aux besoins variés de la fabrication. Des sables fins, doux, à peine argileux, répondent au moulage de pièces minces et légères, coulées en sable vert; des sables plus gras et plus *forts* se prêtent davantage à la coulée des pièces moyennes ; d'autres, enfin, plus gras, plus consistants, plus réfractaires, s'appliquent avec plus de succès à la fabrication des grandes pièces.

Des mélanges appropriés entre ces diverses sortes de sables, l'addition de poussier de houille, de crottin de cheval pour les noyaux et les grosses chapes, etc., de poussier de charbon de bois pour les pièces délicates, viennent du reste, compléter les ressources de la fabrication. Ces mélanges possibles, dans toutes les fonderies, donnent aux mouleurs habiles les moyens à peu près certains d'obtenir dans tous les cas de bonnes pièces. Toutefois, dans la contrée où se trouvent

situées les fonderies du Val-d'Osne, de Sommevoire, de Tusey, de Montiers, de Dammarie, toutes renommées par la beauté de leurs produits, il est certain que la qualité des sables fournis par la localité est un très-puissant élément de succès que n'a pas, par exemple, la fonderie Ducel, à Pocé, dans l'Indre-et-Loire, où les sables, de qualité irrégulière et insuffisante, exigent un travail très développé de mélange et de préparation qui ne peut que faire honneur à l'habileté de cette usine, capable d'obtenir, avec des matériaux en principe si incomplets, les résultats très-remarquables que nous voyons à l'Exposition.

Ce qu'elle a fait pour les sables, l'usine de Pocé a dû le faire pour la fonte. Travaillant depuis quelques années exclusivement en deuxième fusion, elle a été amenée à chercher les meilleurs mélanges avec l'aide des fontes de première marque d'Angleterre et d'Écosse, pour donner à ses produits des surfaces unies, nettes, bleues, qui se rapprochent par ces qualités, autant qu'il est possible, des fontes de la Champagne. Celles-ci, du reste, ont cessé de donner des résultats aussi beaux que par le passé, depuis que la plupart des hauts-fourneaux de ce groupe ont été amenés à renoncer au charbon de bois exclusivement comme combustible et à travailler au mélange de coke et de charbon. Les pièces exposées sont très-belles, et ne laissent pas soupçonner, bien entendu, l'influence du coke dans la fabrication de la fonte. Il faut, pour reconnaître la trace de cette influence, la chercher dans les produits moins étudiés de la fabrication courante. Là, elle est sensible comme dans toutes les usines où l'on fabrique la fonte au coke. Il est évident que la fonte ainsi obtenue est généralement plus impure, plus mordante, moins coulante, et plus disposée à l'oxydation.

Des soins multipliés dans le moulage et dans la coulée, une bonne allure des hauts-fourneaux, la qualité exceptionnelle des minerais atténuent ou peuvent atténuer en grande partie les difficultés et les inconvénients des fontes au coke. Mais il est incontestable que ces fontes ne donnent, ni comme douceur, ni comme grain, ni comme aspect le caractère des fontes au bois, à qualités égales des minerais employés. Comme par suite de la transformation économique des exploitations métallurgiques, le travail des fontes au charbon de bois est destiné à disparaître, ou tout au moins à ne subsister que par exception, il faut penser qu'à force de soin et d'habileté les producteurs de fontes moulées sauront tenir leur fabrication, sous le rapport des avantages que nous venons d'indiquer, à la hauteur des résultats obtenus jusqu'ici.

Déjà, la fonderie française cherche à améliorer la qualité des fontes à l'aide d'un bon choix de matières premières et par des mélanges entre les minerais, s'il s'agit de la première fusion, ou bien entre les fontes

françaises et les fontes étrangères, si l'on opère par la deuxième fusion (1).

Les usines à hauts-fourneaux accusent, au point de vue de l'exécution des moulages, un progrès réel. Forcées d'employer avant tout les fontes qu'elles produisent, elles sont amenées à étudier et à perfectionner ces fontes autant pour leur propre consommation que pour celle des fonderies de deuxième fusion, auxquelles elles les fournissent.

Cette étude des fontes résultant d'une préparation meilleure des minerais, d'un traitement plus raisonné du travail des hauts-fourneaux et de combinaisons nouvelles dans les lits de fusion, paraît avoir été sérieusement entreprise par toutes les grandes usines qui livrent des fontes moulées au commerce et surtout aux travaux publics. Les exigences des Administrations de la marine et de la guerre, celles des Compagnies des chemins de fer et des grands constructeurs ont obligé les chefs d'établissements métallurgiques à se préoccuper, non-seulement de la nature des fontes, en vue d'un bon et beau moulage, mais encore de leur qualité comme résistance.

Des essais très suivis ont été tentés en ce sens par les fonderies importantes du Centre, du Nord et du Midi de la France. Et, telles de ces fonderies qui n'avaient pendant longtemps produit que des fontes d'une ténacité relativement inférieure, offrent aujourd'hui des résistances remarquables au choc, à la pression ou à la traction.

Ces résultats sont dûs à des mélanges mieux entendus des minerais et des fontes elles-mêmes. C'est ainsi que les hauts-fourneaux du Midi en tirant une partie de leurs minerais de l'Algérie, de la Corse ou de l'île d'Elbe, ont considérablement augmenté la résistance de leurs fontes, et se sont mis en situation, à cet égard, de lutter contre la concurrence des usines du Nord. Celles-ci du reste, comme aussi les établissements du Centre, le Creuzot, par exemple, ont pris le parti d'améliorer ou de modifier certains de leurs produits par l'addition de minerais étrangers, entre autres des minerais de l'Algérie, des côtes de l'Espagne ou de l'Angleterre. A cette question de l'amélioration des fontes est venue se joindre celle du perfectionnement des produits obtenus rapidement et économiquement par des procédés mécaniques. Ces moyens empruntés en partie en Angleterre, transformés ou perfectionnés chez nous, ont permis à de grandes usines, comme les fonderies de Marquise et de Fourchambault, d'arriver à couler, dans des conditions commerciales aussi avantageuses que celles des usines anglaises, les grands tuyaux de conduite d'eau et de gaz, dont l'Exposition nous montre de remarquables spécimens.

(1) Nous avons, sous ce rapport, la conscience d'avoir travaillé, de tous nos efforts, à l'amélioration des fontes par nos travaux et par nos publications spéciales.

Nous n'irons pas plus loin dans cette voie qui nous conduirait à une revue générale où nous ne verrions, après tout, que des objets plus ou moins apprêtés qui ne sont pas de nature à nous fixer sur l'état de la fonderie française.

Les fontes très fines, excessivement fluides, d'une douceur exceptionnelle, que produisent les usines de la Prusse et qu'on désigne généralement sous la dénomination de fontes de Berlin, sont d'un aspect plus noir, plus terne et moins uniforme comme couleur que les fontes obtenues par les hauts-fourneaux de la Champagne, mais elles sont plus limpides que celles-ci, et peuvent être coulées plus minces ; elles sont aussi plus douces et plus susceptibles d'être retouchées, blanchies et polies.

Ces résultats évidents sont faciles à constater en examinant de près les lions colossaux exposés dans la section prussienne, et dont la ciselure a donné à la fonte un cachet d'œuvre d'art que ce métal n'atteindra jamais à l'état brut ou recouvert d'une peinture quelconque. Ces pièces importantes, venues sans défauts, offrent une patine que l'on ne s'attend pas à voir sur la fonte ; elles ont, en outre, une qualité qu'on ne retrouve pas à beaucoup près dans une pièce semblable exposée par la maison Durenne, savoir une épaisseur très faible pour la fonte de fer et très régulière ne dépassant pas 8 à 10 millimètres, tandis que le lion de Durenne, d'ailleurs très-beau comme moulage et comme netteté des surfaces après la fonte, présente des épaisseurs qui dépassent 18 à 20 millimètres.

Les fabricants prétendent que la présence de l'arsenic dans les fontes dites de Berlin, est la cause qui rend ces fontes liquides au point de leur permettre d'atteindre les plus petits details avec la rare perfection que nous leur voyons, et les laisse en même temps assez douces dans toutes leurs parties, pour être retouchées aussi bien que le bronze. — Les fontes phosphoreuses et arsenicales, généralement assez impropres à la fabrication du fer, sont, nous le savons, très possibles comme fontes moulées. — Toutefois, il est permis de douter que la présence de l'arsenic seule puisse suffire pour donner aux fontes de Berlin l'excessive fluidité qui leur est particulière.

Les très-bonnes fontes au charbon de bois de la Haute-Silésie, qu'on doit employer généralement pour la fabrication de la fonte moulée dans les usines de deuxième fusion en Prusse, proviennent de minerais hydroxydés *(Eisenertz)* ou de minerais carbonatés *(Eisenstein)*, dont les analyses accusent du manganèse en proportions variables, mais faibles, et quelques traces d'acide phosphorique, diffèrent peu de celles que donnent, en France, les minerais de la Haute-Marne et de la Meuse.

La fonderie royale de Sayn, dans le pays de Siegen, en Prusse, où se coulent de grandes statues de fonte, et qui déjà à l'époque des premières

grandes fontes d'ornementation créées en France, avait une fabrication organisée pour de semblables travaux, produit des fontes grises de moulage réputées pour leur douceur et leur ténacité, et obtenues à l'aide de minerais hématites bruns, dont la composition ne présente aucun indice particulier auquel puissent être attribuées des qualités exceptionnelles.

Comme indication générale à donner, nous citerons, pour l'édification de nos lecteurs, quelques résultats moyens d'analyses des minerais de fer employés principalement à la fabrication des fontes moulées dans les contrées de la France où ces fontes ont la réputation d'être les plus douces et les plus belles.

Les minerais de la Haute-Marne et de la Haute-Saône, généralement des minerais hydroxydés en grains ou en fragments oolithes miliaires de fer hydroxydé, sont composés en moyenne de :

Péroxyde de fer	0,650 à 0,680
Oxyde de manganèse	0,014 — 0,040
Carbonate de chaux	0,007 — 0,050
Acide phosphorique	0,002 — 0,0035
Alumine soluble	0,015 — 0,040
Argile	0,070 — 0,130
Eau, perte	0,150 — 0,200

Les minerais hydratés de la Meuse accusent :

Péroxyde de fer	0,500 à 0,650
Oxyde de manganèse	0,000 — 0,002
Carbonate de chaux	0,000 — 0,015
Alumine soluble	0,030 — 0,080
Silice gélatineuse	0,010 — 0,040
Argile et sable	0,050 — 0,250
Eau, perte, etc	0,100 — 0,150

Enfin, les minerais des Ardennes, hydrates ou silicates de péroxyde de fer, donnent :

Péroxyde de fer	0,500 à 0,650
Oxyde de manganèse	0,006 — 0,0120
Oxyde de chrôme	0,0015—0,0020
Acide phosphorique	0,004 — 0,007
Alumine	0,025 — 0,028
Silice, quartz, etc	0,030 — 0,080
Eau, perte, etc	0,150 — 0,180

Comme fontes fi nes très douces, donnant des empreintes bien nettes de petites pièces minces, les fontes des Ardennes semblent être celles, parmi les fontes françaises, qui se rapprochent le plus des fontes de Prusse.

Évidemment, il faut peu de chose dans la composition analytique d'un minerai pour produire des modifications influant sur la nature du métal. Les fontes de Prusse, comme celles de Suède et quelques fontes anglaises, à d'autres égards, présentent incontestablement, comme fontes de moulage, des qualités particulières qui leur donnent, sous divers rapports, une supériorité marquée sur les fontes françaises employées à l'exécution de travaux analogues ; mais les causes qui justifient ces qualités sont difficilement appréciables, en dehors de toutes questions de fabrication, et en ne voyant que les réactions produites à la réduction et à la fusion par l'influence des corps accessoires combinés avec le fer.

Après ces explications, il nous reste à citer, les travaux de fonte d'art les plus saillants qu'il nous a été donné de remarquer à l'Exposition.

Comme fabrication des fontes d'art, la France, nous n'aurions pas besoin de nous répéter, est incontestablement supérieure à tous les autres pays.— Là, de même que pour le bronze, choix des sujets, modèles bien compris au point de vue artistique, bonne exécution comme moulage, coulée, montage, etc. ; tels sont les éléments qui recommandent les produits français à l'attention de tous.

A part deux ou trois fonderies de Prusse ou d'Autriche, dont les produits accusent une matière plus remarquable par sa qualité que par son emploi, aucune usine étrangère ne saurait songer, si nous jugeons du moins par ce qui nous est soumis, à rivaliser avec les fonderies françaises ; ce n'est pas que celles-ci aient montré à l'Exposition actuelle des résultats imprévus, frappés au coin d'un progrês incontestable. — Ce que nous voyons est, à très peu de variantes près, ce que nous avons vu à Londres en 1862.

Une seule usine nouvelle, ou plus exactement une ancienne usine en réputation, arrivant à nouveau, après avoir disparu dans les derniers grands concours industriels, s'est révélée cette fois avec une supériorité qui vient contre-balancer celle des Barbezat et des Durenne, les triomphateurs de la dernière grande Exposition de Londres. — C'est l'usine de Tusey, représentée aujourd'hui par M. Zégut, l'ancien associé de M. Durenne à Sommevoire. Cette usine, que nous avons eu occasion de nommer plus haut à propos des fontes monumentales des fontaines de la place de la Concorde, a été l'une des premières, sinon la première à créer en France l'industrie, aujourd'hui si remarquable et si importante, des fontes d'art. Livrée depuis à quelque désorganisation, par suite de la mort de ses propriétaires et de divers

changements de société, elle avait, pour ainsi dire, disparu devant le succès des fonderies, ses rivales, du Val-d'Osne et de Sommevoire. Elle renaît aujourd'hui et se montre à la hauteur de son ancienne réputation, Possédant les mêmes fontes, les mêmes sables, les mêmes générations d'ouvriers que les fonderies de MM. Barbezat et Durenne, l'usine de Tusey devait, à un moment donné, sous une direction intelligente, reprendre le rang qu'elle avait perdu ; c'est ce que vient démontrer son exposition véritablement remarquable comme pureté des surfaces, réussite du moulage et légèreté des pièces fondues. On peut noter, entre autres pièces parfaitement exécutées, des Christs de grandes dimensions, les statues des Evangélistes, un fragment important comprenant divers personnages, reproduits d'après l'œuvre magistrale : le Sépulcre de saint Mihiel, de Léger Richier, habile artiste lorrain du moyen âge ; des groupes d'animaux et un grand nombre de pièces diverses, pour la plupart coulées d'un seul jet et exposées brutes telles qu'elles sont sorties du moule, sans enlèvement de bavures et de jets.

L'usine de Tusey, renvoyée, nous ne savons pourquoi, dans la classe 40, a obtenu une médaille d'argent, tandis que les établissements ses concurrents, exposant dans la classe 22, ont remporté des médailles d'or.

Cet écart dans la distinction de mérites qui se valent est due sans doute à l'absence des produits de la fonderie de Tusey aux expositions précédentes, si elle ne vient pas d'une appréciation variable de produits similaires examinés par des juges différents.

La maison Durenne a une exposition présentée de la même façon que celle de l'usine de Tusey, c'est-à-dire composée d'une collection de sujets divers ayant conservé leur aspect de fonte brute avec coutures et surfaces non retouchées ; une partie de ces pièces a déjà été remarquée aux concours précédents.

L'œuvre capitale de M. Durenne est la fontaine monumentale placée en regard de celle de la maison Barbezat et Cie, à l'entrée de l'Exposition par le pont d'Iéna.

Cette fontaine, déjà exposée à Londres en 1862, peut produire, au premier abord, un effet assez imposant comme masse et comme variété de figures et de détails, bien qu'elle soit à critiquer au point de vue de l'art, notamment dans quelques accessoires étriqués, comme les Tritons placés au-dessous de la grande vasque. A l'examen, l'homme du métier reconnaît que la difficulté du travail de fonderie a été tournée au moyen d'une grande quantité de pièces d'un moulage simple, rapportées et montées pour concourir à un ensemble en apparence compliqué.

Le mérite principal de cette composition est dû à l'habileté du con-

structeur, qui, chargé de la composition des modèles, a su trouver, sous un agencement savant, une décoration importante se résumant en une exécution facile. Que l'art ait eu à souffrir de cette disposition, favorable surtout au point de vue du fondeur, c'est un point sur lequel nous n'insisterons pas. Il nous suffira de reconnaitre que les détails sont parfaitement exécutés, et que si les assemblages laissent à désirer sous quelques rapports, l'exécution matérielle de la fonte est remarquablement soignée.

Citons encore, dans l'exposition Durenne, une grille de parc d'un bon travail, un chien luttant contre un sanglier, des vases, deux lions de dimensions colossales, dont nous avons critiqué plus haut les épaisseurs exagérées ; diverses statues dont la principale est une image de saint Pierre coulée d'un seul jet. Cette statue, l'un des morceaux les plus intéressants de l'exposition Durenne, est coulée sans accessoires rapportés, et, à ce point de vue, a pu présenter des difficultés sérieuses.

L'exposition de la maison Barbezat et Cie offre, comme celle de la maison Durenne, des parties remarquables. Mais, comme ensemble, cette dernière nous semble supérieure. La fontaine, plus petite que celle de M. Durenne, est moins bien moulée, les coutures sont plus apparentes, les surfaces moins nettes, ce qui est parfaitement appréciable, malgré la couverte bronzée dont la fonte est chargée. L'effet général est élégant et satisfait l'œil, mais là aussi l'exécution a été réduite à sa plus grande simplicité, et les difficultés du moulage ont été évitées à l'aide de nombreuses parties rapportées.

La grande grille à l'entrée du jardin réservé montre des découpures et des détails extrêmement fins, dont il faut attribuer à la qualité de la matière, autant qu'à l'adresse de la main d'œuvre, le mérite très grand dse difficultés vaincues. Il faut, en effet. dans un semblable travail, l'assistance d'un mouleur habile, l'emploi d'une fonte douce, fine, tenace et d'un facile retrait, en même temps que celui d'un sable d'une qualité exceptionnelle.

Une des pièces capitales de l'exposition du Val-d'Osne, est un groupe représentant deux chiens conduits par un piqueur. C'est une fonte offrant quelques difficultés, dont le moulage est sorti très heureusement. Nous ne parlerons pas d'un petit modèle de galerie mauresque, œuvre assez médiocre comme fonte et comme dessin.

La maison Barbezat et Cie expose en outre un grand nombre de pièces terminées et peintes. Il y a peut-être dans la couverte dont sont revêtues ces pièces quelques défauts de goût. Ce n'est plus de la fonte, et l'on sent que ce n'est pas du bronze. C'est une imitation des zincs criards qui semblent avoir monopolisé l'abus des tons crus et faux. MM. Barbezat et Cie ont essayé, nous ne savons trop dans quel

but, la combinaison du bronze et de la fonte. Nous comprenons difficilement que ces deux métaux puissent s'accoupler, à moins de conditions particulières permettant à la fonte de disparaître sous le bronze, ou au bronze d'apporter à la fonte une décoration plus riche. A notre avis, ce qu'on doit rechercher avec le bronze, c'est l'art dans sa plus haute acception; ce qu'on doit vouloir dans la fonte, c'est l'art encore, mais l'art relatif ne s'appuyant pas sur la valeur, les qualités ou la durée de la matière et recherchant plutôt les lignes générales, le mérite de l'ensemble en ce qui peut, comme effet de décoration générale, être demandé à une matière dont la destinée est d'être industrielle avant d'être artistique. La nécessité de peindre la fonte ou de la recouvrir d'un enduit quelconque la relèguera toujours, en dehors même de toute autre considération, parmi les métaux qui ne sauraient être du domaine exclusif de l'art.

Quelque finesse qu'on donne aux couvertes devant préserver la fonte contre l'oxydation, quelque solidité ou quelque durée que possèdent ces couvertes, on est forcé de reconnaître qu'elles se salissent facilement et qu'empâtant les surfaces elles noient les détails dans un gâchis plus ou moins prononcé, qui fait que la chose peinte paraît être aussi bien du bois, de la pierre ou du plâtre, que du métal.

Les procédés du cuivrage par la galvanoplastie, dûs à M. Oudry, ont fait faire un pas à cette question, très-importante pour la fonte, d'une préservation solide et durable; mais quelque perfection que présentent ces procédés, il faut reconnaître que, si faible que soit la couche de cuivre déposée sur la fonte, cette couche n'atteint pas assez de régularité pour qu'elle n'engorge pas les ciselures profondes, et n'empâte pas les détails des ornements ou des draperies. Dans les pièces à grandes surfaces nues, cet empâtement n'est pas redoutable; cependant par la finesse même de la couverte, il se trouve que les moindres défauts résultant du moulage, sont brutalement accusés, et trahissent, quoi qu'on fasse, la matière abrupte, le métal industriel, *sous la peau* du bronze.

Des retouches convenables, à défaut d'un moulage parfait, mais qui, même dans sa perfection, présente un aspect terne et lourd, peuvent donner sans doute à la fonte un caractère plus artistique; qu'on se reporte pour cela aux lions de la Prusse, réparés et ciselés, dont nous avons parlé. Toutefois ce n'est plus là de la fabrication industrielle, et, en supposant qu'on opère sur des fontes d'une douceur et d'une finesse exceptionnelles, on doit se dire que la ciselure poussée à un semblable degré élève tellement la valeur de l'objet coulé, que cet objet, après tout, ne vaut pas le bronze, et finit par coûter plus cher que ce métal, abstraction faite du prix de la matière.

Le cuivrage de la fonte présente, en dehors de l'empâtement dont

nous venons de parler, un inconvénient non moins grave, que les soins les plus attentifs n'ont pas encore pu absolument empêcher. La couverte ne se fait pas sans une couche isolante disposée entre la fonte et le cuivre qui doit la garnir. Il y a donc par le fait séparation entre les deux métaux, et, dans l'hypothèse la plus favorable, un défaut d'adhérence, soit que le dépôt de cuivre se fasse trop rapidement, soit qu'il se produise inégalement. Il arrive alors que la couche de cuivre, une fois entamée, peut être déchirée et arrachée par lambeaux, en laissant la fonte à nu ; ce résultat, d'autant plus fâcheux que le cuivrage de la fonte est jusqu'à présent resté d'un prix élevé, peut être constaté sur quelques pièces appartenant à des candélabres et à des fontaines de la ville de Paris; mieux vaudrait encore, dans cette situation, employer la peinture qui s'enlève, se répare ou se remplace, plutôt qu'un enduit métallique onéreux, dont la durée n'est pas garantie et dont la solidité n'est pas certaine.

A l'Exposition de Londres, en 1862, les produits de la maison Ducel avaient été classés après ceux des maisons Durenne et Barbezat. — Cet insuccès pouvait résulter d'un envoi peut-être trop modeste de leurs produits, fait par MM. Ducel, ou encore de ce que ces fabricants avaient reculé devant la dépense énorme que s'étaient imposée les deux autres maisons rivales, en vue d'arriver à établir coûte que coûte leur supériorité réciproque dans un milieu où elles savaient que les pièces d'art seraient vivement appréciées et recherchées. Quoi qu'il en soit, MM. Ducel et fils, qui accusent un progrès très-réel, comme choix de modèles et comme excellente fabrication, sont incontestablement à la hauteur de leurs concurrents. Telle a été, du reste, l'opinion du Jury qui a décerné à ces maîtres de forges la même récompense, accordée aux deux maisons dont nous parlons.

L'exposition Ducel présente des types très-variés, qu'on retrouve dans le palais et dans toutes les parties du parc affectées à la section française. Ce sont ces fabricants qui ont fourni les aigles, les lions ailés, les sphinx, les candélabres et les vases qui concourent à l'ornementation des abords du pavillon impérial. Divers groupes, entre autres: une épreuve des trois Grâces, d'après Germain Pilon; un groupe de deux fleuves, le Rhône et la Saône; des bas-reliefs remarquables; un Moïse au tombeau ; une statue de la Méditation; des ornements d'églises pour autels, chemins-de-croix. etc., sont les principales choses que nous ayons à citer, et qui placent les fondeurs dont nous parlons au premier rang de leur industrie.

Parmi les autres fonderies qui se sont fait une spécialité de la fonte des ornements, nous citerons encore :

La fonderie Saleur, d'Osne-le-Val. Cet établissement créé et dirigé par un ancien élève de l'École d'arts et métiers de Châlons, assisté de

ses frères, tous ouvriers ou employés formés à l'usine Barbezat et Cie, apporte pour ses débuts aux expositions de très-belles pièces plates, des balcons, des frises, des panneaux coulés en sable vert et d'une finesse de grain qui atteint la dernière limite de la perfection. Quatre statues, une Vierge et des candélabres, montrent que les frères Saleur sont habiles ouvriers, et peuvent, comme bonne exécution, se tenir à la hauteur des grands établissements que nous avons cités.

Les usines de Niederbronn, qui précédemment avaient exposé de petites fontes ornées d'une finesse extrême, n'ont presque rien à l'Exposition actuelle. Nous avons remarqué parmi les produits de ces usines, dans la classe 40, quelques candélabres, des frises, des panneaux, des statuettes d'un moulage passable, et une pièce de distribution d'eau à trois orifices, laquelle est parfaitement réussie, bien que d'un moulage et d'une coulée difficiles.

Les fonderies de Marquise ont exposé dans la classe 65 des candélabres et des bornes-fontaines d'une bonne exécution, et qui peuvent montrer qu'en dehors des grands moulages pour lesquels ces usines ont obtenu la médaille d'or dans la classe 40, elles sont capables d'obtenir avec leurs fontes au coke des pièces d'ornementation très-nettes, aussi soigneusement moulées et aussi bien réussies que celles des meilleures usines au bois. Il y a quelques années, alors que nous étions chargé de la direction des usines de Marquise, nous avons fait exécuter un travail considérable de fontes ornées destinées à la construction d'un palais pour le vice-roi d'Égypte, et des fragments de cette construction exposés à Paris, à Bordeaux et à Rouen avaient valu aux propriétaires de Marquise une série de médailles d'or. Cette fois, le Jury moins généreux a récompensé par une médaille de bronze les produits exposés à la classe 65.

Une appréciation non moins rigoureuse a été faite des fontes de la maison Durenne, exposées dans les classes 65 et 40. Cette maison, qui a obtenu la médaille d'or pour ses remarquables produits de la classe 22, a exposé dans la classe 40, notamment, des fontes courantes d'ornement d'une exécution tellement défectueuse que nous nous expliquons aisément la décision du Jury à l'égard de cette exposition. On se demande si une même usine peut produire à la fois aussi bien que ce qu'on voit à la classe 22 et aussi mal que ce qui est montré à la classe 40.

Un tel contraste justifierait l'opinion que nous avons exprimée plus haut, savoir qu'il est à craindre que la plupart des belles fontes d'art que le public admire et devant lesquelles il s'extasie en voyant les magnifiques épreuves obtenues, brutes de fonte et exposées avec coutures et jets, ne soient pas autre chose que des pièces de concours choisies entre toutes, à grands frais et à grand renfort de rebuts.

Le haut fourneau de Varigny, les usines de la Normandie, apparte-

nant à M. le marquis d'Albon, la fonderie Delille et Dejean, d'Évreux, ont aussi obtenu des médailles de bronze dans la classe 40 pour leurs fontes moulées, ornements et pièces diverses. Nous n'avons rien à dire ici des pièces de mécanique de ces exposants, lesquelles ne se recommandent par aucune qualité exceptionnelle, mais nous pouvons constater que tout ce qui est ornement ne dépasse pas la limite de ce que peuvent donner les fonderies quelles qu'elles soient, qu'on les examine au point de vue de l'art avec lequel elles n'ont rien à voir, où à celui de la fabrication qui est des plus ordinaires.

Comme pièces de fonte bien réussies, abstraction faite du mérite des modèles empruntés pour la plupart aux œuvres d'artistes connus, nous citerons plutôt les quelques ornements et les statuettes exposés par les Écoles d'arts et métiers dans la classe 12. C'est justice, après tout, à rendre aux fonderies de ces Écoles, notamment à la fonderie de l'École de Châlons, dirigée si longtemps par un habile praticien, M. Maillard, qui sut, il y a trente ans, obtenir de ses élèves des fontes d'art parfaitement réussies et véritablement remarquables, alors que la fabrication de ces fontes était encore à ses débuts.

Les fonderies des Écoles d'arts et métiers ne se sont pas fait remarquer seulement, par la bonne exécution des statuettes et des animaux qu'elles montrent à la classe 12, elles ont exécuté des œuvres importantes, Christs, bustes ou statues en fonte, avec une réussite à la hauteur des bons travaux appartenant aux usines spéciales que nous avons citées. Récemment, la fonderie de l'École d'Angers a coulé la statue monumentale en bronze du duc de la Rochefoucauld, pour la ville de Liancourt, et cette œuvre importante n'aurait pas déparé, comme beauté de moulage et légèreté de matière, les expositions des grands fabricants dont nous avons signalé les œuvres.

Parmi les fondeurs étrangers qui ont envoyé des fontes à l'Exposition nous citerons :

La fonderie de M. le comte Stolberg-Wernigerode à Ilsembourg, qui a exposé des figures et des ornements remarquables, plus encore par leur épaisseur extrêmement faible, que par leur finessse de grain et leur difficulté de moulage. Cette usine doit disposer d'une fonte particulièrement fluide pour avoir réussi au poids impossible de 8 kilog. un dessus de table ayant $1^{m},50$ de diamètre et présentant les découpures les plus détaillées qu'on puisse imaginer; d'autres pièces, une grille pour la synagogue de Berlin, un vase découpé, des assiettes, des plats, un casque, un bouclier, un bas-relief représentant un Calvaire avec un millier de figures d'une finesse surprenante, tels sont les produits d'une fabrication exceptionnelle qu'on ne retrouve pas chez nous à un degré semblable de fini et de légèreté. Ajoutons qu'un représentant de cette usine à l'Exposition, distribuait aux jurés et aux intéressés, des cartes

de visite en fonte d'une délicatesse telle de détails et d'épaisseur qu'on n'obtiendrait rien de plus mince ni de mieux réussi avec les métaux les plus malléables traités par l'estampe.

Le comte Einsidel, de la fonderie de Lauchkaumer, MM. Zimmermann et Cie, à Hanau, MM. Gladenbeck, Pohl et Mèves, de Berlin, exposent aussi des pièces très minces et très réussies, entre autres, des statues, des animaux, des bustes, une grille, un calorifère, une porte de parc avec panneaux découpés et les lions remarquables en fonte polie, dont nous avons parlé.

Toutes ces fontes, dont quelques-unes ont été revêtues de bronze par la galvanoplastie, se recommandent assez peu par la recherche de l'art et la pureté du dessin, au point de vue des modèles; mais elles indiquent, soit des procédés de fabrication, soit l'emploi des matières de choix qui dépassent ce qu'il est possible d'obtenir de plus parfait dans les meilleures fonderies françaises.

La fonderie royale de Berlin, qui est hors concours, a exposé la statue équestre du roi de Prusse. Cette statue colossale peut être d'un grand effet, mais on ne saurait s'empêcher de trouver qu'elle est recouverte d'une platine jaunâtre, tellement désagréable à l'œil, qu'on ne sait si le métal employé est du bronze ou de la fonte, et que si cette statue est bien fondue, ce qui est difficile à apprécier, là où elle se trouve, elle montre des assemblages assez incomplets dans les parties accessoires rapportées.

L'Angleterre a peu de fontes ornées. La fonderie de Coalbroke-Dale expose quelques ornements assez soignés, mais loin de la perfection qu'on remarque dans les produits similaires français. Cette fonderie paraît s'occuper spécialement des fontes de bâtiment, auxquelles elle imprime un moulage correct, mais lourd. Comme la plupart des fonderies anglaises, elle semble réserver ses meilleurs dessins et ses moulages les plus perfectionnés pour la fabrication très-importante et très-répandue, en Angleterre, des cheminées et des appareils de chauffage. C'est, en effet, à peu près uniquement dans l'ornementation des devantures de cheminée ou des fontes analogues qu'on voit les Anglais faire preuve d'une habileté incontestable.

Nous avons bien en France des constructeurs d'appareils de fumisterie, les Baudon-Porcher, les Godin-Lemaire, les Rogeat, qui ont su créer des modèles élégants et qui emploient des fontes parfaitement exécutées, mais il est juste de reconnaître que la perfection des fontes de ces fabricants ne dépasse pas et quelquefois n'atteint pas celle des produits anglais.

En Belgique, MM. Réquilé, Péqueux et Exckholt-Loicel, de Liège, exposent quelques pièces, rampes d'escalier, chaire à prêcher, panneaux, vases, etc., d'une bonne exécution.

L'Autriche, qui est parfaitement représentée dans l'industrie des bronzes, ne montre que peu de fontes moulées. Nous n'avons à signaler qu'une série de cercueils et de cénotaphes en fonte dont les types ne se recommandent pas par la pureté et le bon goût du dessin, et dont la fabrication, comme moulage, n'offre rien d'extraordinaire.

L'application de la fonte à la construction des cercueils et des monuments funéraires ne constitue pas, comme on pourrait le penser, un emploi nouveau du métal. En 1838, un brevet fut pris, pour des cercueils en fonte, par un maître de forges de la Meuse; des modèles très-ornés furent établis avec l'aide d'un sculpteur de talent, M. Vital-Dubray, alors à ses débuts; de premières pièces furent coulées, montées et décorées; puis, devant l'habitude ou devant le monopole, nous ne savons plus au juste, cette affaire tomba et l'inventeur en fut pour ses frais.

Le grand-duché de Hesse a envoyé quelques objets en fonte de fer bronzée qui ne manquent par d'intérêt. La Bavière, des groupes d'animaux qui sont bien moulés et d'un aspect satisfaisant. L'Espagne, représentée par la fonderie nationale de Trubia, à Oviédo, a envoyé un buste en fonte de la reine Isabelle, assez bien exécuté. L'Italie, qui montre à l'Exposition quelques statues de bronze magnifiques, n'est représentée que par quelques pièces de fonte sans importance et n'ayant rien de remarquable. Les États-Unis ont exposé quelques bustes en fonte retouchée, ciselée et recouverte d'une patine spéciale d'un bel effet. Ces bustes bien réussis sont comme les lions de la fonderie prussienne, une des bonnes manifestations de l'emploi de la fonte de fer au profit de l'art, dans le sens le meilleur et le plus absolu.

En résumé, presque partout, la fonderie est loin d'être en décadence, non pas seulement comme création à bon marché de pièces vulgaires et matérielles, mais comme bonne entente du moulage et étude attentive des procédés appliqués en vue d'obtenir une exécution correcte, de tous points satisfaisante.

La production des fontes d'art paraît être, en dehors des grandes fabrications spéciales que nous avons citées, un but cherché par la plupart des fonderies étrangères, jalouses de montrer leur savoir-faire, désireuses de former, autant que de conserver de bons ouvriers et cherchant, avec raison, tous les moyens de s'affranchir du tribut payé aux usines françaises qui, jusqu'à présent, ont su s'approprier d'une façon à peu près exclusive le monopole des fontes d'art.

III

Ce qui vient d'être dit devrait suffire pour fixer les idées sur l'état actuel de la fonderie. Si l'on en juge par les progrès qui se sont accomplis dans cette industrie et qui ont été remarqués aux expositions françaises, la première moitié du siècle a été relativement plus prodigue pour elle que la seconde, du moins jusqu'à présent. C'est ce qui m'engage à présenter un résumé rapide du rôle pris par la fonderie aux divers grands concours nationaux.

En 1819, la première exposition sérieuse a lieu à Paris. On y voit quelques bronzes d'ameublement et, entre autres, les bronzes dorés fort en vogue alors, de la maison Denière et ceux dûs à l'initiative du fabricant Galle, spécial pour les statuettes et la pendule et, que les ouvriers de ce temps, appelaient le *Père du bronze*. Puis, à côté de ces bronzes : des calorifères en tôle avec des fontes ornées; des ustensiles de cuisine; des mortiers en fonte tournés et polis, considérés alors comme des merveilles; des vases et quelques pièces mécaniques de Baradelle de Paris, d'Agasin de Brousseval et des *maîtres* fondeurs de Dampierre, d'Allevard, de Bourberouge, de Strasbourg, etc.

En 1823 et 1827, expositions hâtives et incomplètes, tentées par la Restauration. On ne voit rien de plus qu'en 1819.

En 1834, le Jury déclare que la fabrication des bronzes est essentiellement parisienne. La France est à la tête de cette industrie, notamment en ce qui touche les arts industriels et les œuvres du domaine des beaux arts. L'étranger ne peut rivaliser avec nous, ni pour le bon goût, ni pour la variété et l'élégance des modèles.

Les ouvrages en cuivre, laiton et bronze, indiquent pour les exportations en 1833.

Cuivre en bronze doré.	719.790 kilog.
Cuivre en bronze argenté	21.978
Cuivre en bronze autre	844.932
	1.586.700 kilog.

Le Jury considérant que, sauf un très petit nombre d'établissements où sont installés tous les travaux accessoires de la fabrication des bronzes, cette fabrication se divisant dans des ateliers distincts pour la fonderie, le montage et la ciselure, décide qu'il récompensera séparément les fonderies françaises. En conséquence, il décerne des médailles d'argent aux fonderies qui suivent :

Richard et Quesnel, qui ont présenté des pièces fondues brutes, par le moulage en sable et par le moulage en cire perdue ;

Soyé et Inger, dont les produits sont non moins remarquables par la netteté de la fonte en sable, que par la perfection de la ciselure ;

Delafontaine à Paris, pour la perfection de ses bronzes, d'une patine superbe et pour ses chapiteaux et ornements de la nouvelle Chambre des députés.

A propos des fabricants de bronze, le Jury blâme le mauvais goût qui préside aux modèles de certains fabricants. A son avis, un très petit nombre de produits est digne d'obtenir des éloges sans restriction. Les sujets exécutés sont, pour la plupart, peu intéressants, lourds et mesquins. Il est temps que la fabrique de bronze sorte des sentiers trop battus, si elle veut ne pas perdre la suprématie qu'elle a conquise en Europe.

Une médaille d'or est accordée à la maison Denière, qui maintient son ancienne réputation et à M. Galle, dont les bronzes ont déjà été remarqués en 1819 et 1823, par leur grand caractère ;

Des médailles d'argent sont données aux maisons Ledure, Levolle et Jeannest, qui ont exécuté avec succès une cheminée et des consoles pour le roi de Sardaigne, ainsi qu'une pièce décorative remarquable pour le duc d'Orléans.

La fonderie de fer a peu d'exposants. Le travail de la fonte moulée paraît devoir se développer, bien que rien n'indique encore l'accroissement considérable qu'il devra prendre.

Les premiers appareils à air chaud, dits du système Taylor, commencent à se montrer. Ils sont l'objet d'une haute récompense, la médaille d'or ;

Des médailles d'argent sont accordées aux fonderies Fouquet de Rugh ; Trémas-Soulmé, de Vandenesse (Nièvre); Veuve Dietrich, de Niederbronn, pour leurs fontes moulées bien exécutées. La fonderie de Vandenesse, considérée alors comme très importante, comprend : deux hauts-fourneaux au charbon de bois, un four à la Wilkinson, deux halles de moulage. Elle produit annuellement :

En fonte moulée de première fusion. . .	1.000.000 kilog.
En fonte moulée de deuxième fusion. . .	150.000
	1.150.000 kilog.

Elle est citée comme ayant perfectionné la fonderie de première fusion. On voit dans son exposition des projectiles de guerre, des médailles, des statuettes et, entre autres, un buste de Napoléon Ier et un de M. Dupin aîné.

L'usine de Niëderbronn comprend quatre hauts-fourneaux au charbon

de bois et une fonderie de deuxième fusion. Elle expose des engrenages de toutes grandeurs et de divers poids, jusqu'à 500 kilog., des projectiles, des statuettes et des médaillons.

La production de la fonte moulée est de 1.100.000 kilog. environ.

En 1839, le rapporteur du Jury, M. Sallandrouze, fait un court résumé historique de l'histoire du bronze, Il rappelle que le bronze fut en usage chez les peuples de l'antiquité, pour disparaître tout à coup avec la civilisation romaine et reparaître à l'époque de la Renaissance, où les Donatello, les Ghiberti, les Benvenuto lui confient les titres de leur grande renommée. Il constate que c'est seulement vers 1824 que le bronze se naturalisa en France. Louvois établit les fonderies de l'Arsenal. Puis, vers la fin du règne de Louis XV, Gouthière inaugure les bronzes dorés *au mat*. A ce moment, le bronze prenant un nouvel essor devient un objet de luxe et d'ameublement, et porte au premier rang une industrie désormais toute française.

La fabrique de Paris produit annuellement (1838-39), pour une valeur de 25.000.000 de francs et occupe 6.000 ouvriers, qu'on peut répartir comme suit :

Fondeurs et mouleurs.	800
Tourneurs et repousseurs	600
Monteurs et ajusteurs.	1.800
Doreurs, argenteurs, vernisseurs, bronziers	600
Ciseleurs et répareurs.	1.200
Sculpteurs et artistes ornemanistes. . . .	400
Ouvriers divers, manœuvres, etc.	600
Total.	6.000

lesquels concourent à la production d'un chiffre annuel de :

Bronzes mis dans le commerce.	Fr.	25.000.000
Moins le bénéfice commercial estimé 15 0/0.		3.750.000
Il reste pour la fabrication. . . .		21.250.000

Dont à déduire :

Emploi de l'or pour la dorure.	3.568.533
Valeur du cuivre et de ses alliages.	273.544
Horlogerie, marbres, cylindres, etc.	2.000.000
Bois, sable, charbon, outils, chauffage et autres frais. . .	1.000.000
Frais d'impôt, patentes, loyers, etc.	500.000
Frais de modèles et bénéfice de fabrique, 25 0/0 sur 11.459.723.	2.864.931
Total. . . .	10.207.018

A quoi il faut ajouter la main d'œuvre de 6.000 ouvriers à 4 fr. ou 4 fr. 25 par journée, en moyenne, soit par année de salaire. . . . . Fr. 11.042.982

Total égal au chiffre de la fabrication. . . . 21.250.000

Si l'on considère, dit le rapporteur, que tout ce mouvement d'un capital annuel de 25 millions se trouve réparti entre deux cents ateliers environ, de Paris, on doit s'étonner qu'une industrie aussi importante ait pu sacrifier autant qu'il est démontré par l'exposition, la question industrielle et commerciale à celle des produits de luxe, laissant par là si peu de place aux produits de la consommation ordinaire à la portée des fortunes moyennes.

Les bronzes de manufacture s'adressant à cette dernière catégorie d'acheteurs, sont en effet peu nombreux. Cependant, l'art appliqué à l'industrie ne peut-il offrir, sans excès de dépense, des produits recherchés et d'un caractère populaire. Ces réflexions du Jury sont parfaitement justes et, cependant, jusqu'à présent, les expositions qui se sont succédées ont continué pour le bronze en particulier, — nous ne parlons pas des zincs ou des faux bronzes, — à n'exhiber que des objets pour la plupart d'une grande richesse de détails, lesquels ne peuvent entrer facilement dans la consommation générale.

La médaille d'or est attribuée encore en 1839, aux fondeurs Soyé et Inger, qui ont exécuté avec habilité des travaux d'une grande importance, entre autres, la statue colossale d'Emmanuel Philibert, un grand Christ de Marochetti et le chapiteau de la Colonne de Juillet, fondu d'un seul jet et pesant 10.000 kilog.;

La médaille d'argent est donnée à Richard, Ecke et Durand, fondeurs expérimentés qui ont coulé les portes de l'église de la Madeleine, les grands bas reliefs de Triquetti, représentant la famille de Thomas Moore, etc.;

Et à la fonderie Quesnel, qui expose diverses statues, parmi lesquelles : l'Improvisateur de Duret, la Napolitaine de Dantan, le Génie chasseur de Debay et divers objets, très délicats, exposés bruts de fonte avec les jets;

Dans les bronzes de luxe et d'ameublement, la maison Denière obtient un rappel de médaille d'or, la maison Thomine, une médaille d'or et les maisons Ledure et Kiteau, des médailles d'argent;

Un grand nombre d'autres fabricants de bronzes commerciaux reçoivent des médailles de bronze et des mentions honorables.

Les forces productrices de la fonte de fer se sont développées dans de grandes proportions de 1834 à 1839.

En 1834, les tableaux statistiques des mines indiquaient comme

existant : 502 hauts-fourneaux, dout 37 alimentés au coke, produisant ensemble 269.063.600 kilog. de fonte.

En 1837 : 543 hauts-fourneaux, dont 41 marchant au coke seul ou au coke mélangé de charbon de bois ont produit, ensemble, 331.678.000 kilog.

Cette augmentation ne provient pas seulement du nombre des hauts-fourneaux qui, du reste, n'étaient pas tous en feu alors. Des perfectionnements dans le travail et des modifications dans la disposition et la construction des appareils en réclament une partie. Parmi les améliorations, on doit compter l'application de l'air chaud à la soufflerie des hauts-fourneaux, bien qu'elle fut considérée comme un perfectionnement plus ou moins contestable.

Le remplacement du charbon de bois par le coke, par un mélange de coke et de charbon, par la tourbe, le charbon roux, le bois vert, même, a eu son importance comme augmentation et comme économie de production.

On a commencé en France à fabriquer des fontes propres à la deuxième fusion, valant comme douceur et fusibilité les bonnes fontes anglaises, en même temps, présentant une ténacité supérieure. L'usine de Torteron, dans la Nièvre, s'est attachée l'une des premières à la fabrication de ces fontes qui exigent un bon choix de minerais et une parfaite régularité de l'allure des hauts-fourneaux. Les fontes à moulages d'Allevard sont également à signaler dans cette voie.

De 1834 à 1839, dit le Jury, la fonte de fer a pris un grand développement. A aucune époque, des produits aussi importants n'ont été exposés à la curiosité du public. La belle réussite de la fonte met ce métal en concurrence avec le bronze. Aujourd'hui, la fonte de fer envahit les monuments qui s'élèvent pour l'embellissement des places publiques ; elle orne les constructions particulières et participe d'une façon importante aux grands travaux publics.

Des médailles d'or sont données :

A la fonderie de Fourchambault dirigée par Emile Martin depuis 1823. Cet établissement qui a déjà reçu la médaille d'or en 1834 pour ses travaux de fonte, marche à la tête de toutes les grandes entreprises de constructions métalliques en France. On lui doit : le comble de la cathédrale de Chartres, les piles du pont de Cubsac, l'installation des forges de Saint-Maur et de Vierzon, un certain nombre de ponts en fonte, quatorze des tambours en bronze de la Colonne de Juillet. La production annuelle de Fourchambault, en fontes moulées, est de 3,000,000 de kilog. environ ;

Et à la maison Calla à Paris. Cet établissement fondé en 1806, fut d'abord un atelier de construction. Il s'estdéveloppé depuis 1818 comme fonderie de fer.

M. Calla est le premier qui ait fabriqué en fonte de fer, sur une grande échelle, des ornements décoratifs pour les édifices publics et particuliers. On lui doit beaucoup de fontes ornées pour le Panthéon, les églises de la Madeleine et de Saint-Vincent-de-Paul. Il est le premier aussi qui ait pensé à s'occuper des grandes fontes de statuaire qu'on n'avait coulé jusque-là qu'en bronze.

Son mémoire publié en 1830 remporta le prix, fondé par la Société d'encouragement pour le perfectionnement du moulage de la fonte de fer.

A l'exposition de 1839, pendant que M. Calla commence à organiser la fabrication des statues et autres pièces de la fontaine de la place Louvois, les fonderies de Tusey reçoivent la médaille d'argent pour leur exposition de statues, candélabres et colonnes rostrales destinées à la décoration de la place de la Concorde. Les fontaines exécutées sur les dessins et sous la direction de l'architecte Hittorff étaient alors en montage.

M. André, d'Osne-le-Val, précédemment aux usines de Thonnance et de Morlaix, dans la Haute-Marne, obtient également la médaille d'argent pour ses fontes d'ornement bien exécutées. Le jury explique que M. André a remplacé dans ses usines le moulage en terre long et dispendieux par le moulage en sable, plus simple et plus économique. Nous pensons qu'il y a eu confusion. Le moulage en terre n'a jamais été qu'une exception surtout à l'époque. Le rapport du Jury a plutôt voulu dire que le moulage en *sable vert*, en effet plus économique et très suffisant sous beaucoup de rapports, a été substitué au moulage en *sable d'étuve*. Nous croyons, d'un autre côté, que cette innovation s'est produite pour la première fois au haut-fourneau de Couzances (Haute-Marne) appartenant à M. P. André, que le rapport confond avec son frère.

Le nom de *sable vert*, donné à ce procédé de moulage, a dû être tiré de la couleur particulière du sable de Couzances, lequel sable employé par une grande partie des usines locales, se prête d'ailleurs merveilleusement au travail du moulage en *sable non étuvé*.

A la suite des récompenses que nous venons d'énumérer, des mentions honorables sont attribuées :

A MM. Boigues et Cie, de Torteron, pour leurs bonnes mouleries en fonte de fer;

A la fonderie de Framont (Vosges), pour ses pièces de filature bien réussies ;

A l'établissement Schneider et Cie, du Creuzot, pour ses fontes de mécanique et pour ses cylindres durs destinés aux laminoirs;

Aux fonderies de MM. Drouillard, Benoist et Cie, d'Alais, de M. Vasseur, d'Anzin, et de la Cie de Decazeville, qui ont exposé des *coussinets* pour *rails* de chemins de fer;

Enfin, à MM. Sautelet jeune et Cie, fondeurs à Orléans, qui ont exposé diverses fontes moulées en bustes et statuettes.

L'année 1839 a été décisive pour la fonderie et surtout pour ce qui concerne plus particulièrement la fonderie de fer qui, positivement, entre 1834 et 1839 est sortie des langes où elle était enveloppée et s'est affirmée. On voit, en effet, apparaître à la fois : la fonderie Calla, Fourchambault, le Val-d'Osne, Tusey, Torteron, le Creuzot et autres grandes usines qui vont grandir et prospérer, et l'on trouve, à cette date, le début de la fonderie de fer dans la fabrication des grandes pièces ornementales et des statues, comme dans celle des fontes de bâtiment dont l'emploi se développera de plus en plus, alimentée qu'elle sera par l'extension des constructions à Paris et dans les grandes villes. Enfin, on voit paraître l'ère des chemins de fer avec l'appoint considérable qu'ils apporteront à la fonte moulée et dont les coussinets de rails sont le préliminaire.

En 1844, le progrès se continue pour les bronzes, et en même temps pour la fonte de fer.

Dans la fonderie artistique, les fondeurs Soyé et Inger, Eck et Durand reçoivent de nouvelles médailles d'or. Les premiers ont développé leurs ateliers et se livrent à la galvanoplastie. Les seconds présentent une exposition superbe :

La statue de Duquesne pour la ville de Dieppe, d'une grande hardiesse de fonte et d'une réparure habile; le Mercure de Jean de Bologne; un Milon de Crotone fondu sur une esquisse originale du Puget; les magnifiques portes de la Madeleine, des statuettes, des médaillons, etc. En dehors de ces pièces exposées, ces habiles fondeurs ont créé depuis la dernière exposition la statue colossale de Fabert à Metz; de Laval à Beaufort; de Bichat à Bourg et, enfin, la statue de Molière à Paris.

Une nouvelle médaille d'argent est accordée à MM. Quesnel et Cie dont l'exposition importante présente un Mercure de Duret, l'Éducation et l'Amour de Pradier, des fonts baptismaux de Debas, de petits bronzes, des statuettes et une réduction du sarcophage de Napoléon Ier aux Invalides, monument dont ils ont éxécuté les bronzes. Ils montrent en outre, un buste colossal de Boulay de la Meurthe, exposé brut de fonte avec ses jets, puis un pareil buste terminé, et enfin, pour qu'on puisse comparer, le modèle en plâtre placé entre ces deux œuvres.

Une nouvelle médaille de bronze est donnée à de Braux, d'Anglure, qui présente des groupes de Boizot, un Napoléon à cheval, des bustes, des statuettes, des animaux, et qui a fondu deux œuvres de Marochetti, la statue équestre d'Emmanuel Philibert et celle de Latour-d'Auvergne.

Dans la section des bronzes d'art et d'ameublement, l'ancienne maison Thomine fondée depuis 1793 reçoit un rappel de médaille d'or. Les fabriques Villemsens, Victor Paillard et Serrurot, Marquis, Boyer,

Raingo frères, Rodel reçoivent, les uns des médailles d'argent, les autres des médailles de bronze. Quatre mentions honorables sont en outre, distribuées à divers fabricants.

La production de la fonte s'est améliorée à divers points de vue dans la période entre les expositions 1839 à 1844.

Quand l'administration recueillit pour la première fois, en 1810, des renseignements statistiques sur la production de la fonte et du fer en France, les rapports officiels accusaient un chiffre de. . . . . 112.500 tonnes de fonte
Les derniers états relevés en 1842 indiquent 399.456 —
La progression est dans le rapport de 100 à 358 —

La statistique réelle de 1837 donnait pour les hauts-fourneaux alors en feu, les résultats suivants que nous mettons en regard de ceux qui existent au rapport administratif de 1842 :

	1837	1842
Hauts-fourneaux en feu marchant au combustible végétal	433	418
Hauts-fourneaux en feu marchant au coke ou à divers mélanges entre charbon, tourbe, bois et coke.	34	51
	467	469
Minerai employé, en tonnes.	973.333	1.128.011
Fonte produite au combustible végétal, en tonnes.	268.937	2.971.740
— — — minéral, —	62.741	102.282
Nombre total des ouvriers des hauts-fourneaux. .	6.991	4.782

Les appareils de fusion sont restés à peu près les mêmes pendant l'espace de cinq ans et la production s'est accrue dans la proportion de 100 à 127. La production de la fonte au bois s'est à peine déplacée, soit de 10 p. 0/0 environ dans l'intervalle, 1837 à 1842, tandis que la fonte au coke s'est développée dans la proportion de 63 p. 0/0. En raison de l'importance donnée aux appareils et des perfectionnements apportés dans le rendement des hauts-fourneaux, le chiffre de production, bien qu'augmenté en 1842, a été obtenu avec un nombre d'ouvriers beaucoup moindre.

L'emploi de l'air chaud qui commençait à être recherché par les hauts-fourneaux à moulages, a plus de peine à être accepté dans les usines à fonte d'affinage. L'emploi des gaz, pris au gueulard, s'est développé et affirmé. L'usage du bois et du charbon roux, qui avait pris naissance en 1835 a peu réussi. Le bénéfice a été en partie enlevé par l'augmentation des frais de transport. La marche des hauts-fourneaux chargés

au mélange de bois et charbon a perdu de sa régularité. Sur 53 hauts-fourneaux qui avaient adopté cette méthode, il n'y en a plus que 33 qui l'emploient et encore avec une proportion notable de charbon de bois. Les hauts-fourneaux en moulages ont dû renoncer à ce système. Sur 384 hauts-fourneaux, au charbon de bois, 52 seulement font usage de l'air chaud, et presque tous sont des hauts-fourneaux à moulages.

La production des fontes moulées a réellement avancé, en première fusion surtout, et mis à profit toutes les inventions et les idées nouvelles pour en tirer le meilleur parti, dans les cinq années qui se sont écoulées entre les deux expositions. Les fondeurs de la Haute-Marne et de la Meuse sont à la hauteur de la plus grande perfection qu'on peut atteindre. Telles sont les conclusions du rapport du Jury.

A l'exposition de 1844, la fonderie Émile Martin, de Fourchambault, obtient une nouvelle médaille d'or. Les moyens de production ont été doublés depuis 1839. Elle produit en 1844 plus de 450,000 kilog. par mois de fontes moulées quand elle ne produisait, en 1827, que 80,000 kilog. dans le même temps. Fourchambault a exécuté en tout ou partie le matériel des chemins de fer de Saint-Germain, de Versailles, des lignes du Midi, etc. Le pont du Rhône, à la Mulatière, sort de ses ateliers, ainsi qu'un grand nombre de ponts et d'autres travaux d'art où la fonte domine.

La fonderie du Val-d'Osne reçoit une médaille d'or pour ses fontes ornées, remarquables;

M. Marsat, à Angoulême, obtient une médaille d'argent pour la qualité de ses fontes en gueuses pour moulages, livrées à la fonderie de canons de la marine, à Ruelle;

MM. Vivaux frères, de Dammemarie, reçoivent la même récompense pour leurs moulages en fonte à l'air chaud, d'une douceur extraordinaire; également, MM. Morel frères, de Charleville, pour leurs fontes en poterie, marmites, fourneaux, etc., et MM. Pinart frères, de Marquise, pour leurs moulages très soignés en fonte, au coke, de belle qualité. Les fonderies de Marquise sont à peu près les premières qui ont produit des moulages, dans des hauts-fourneaux, au coke;

La maison Voruz, de Nantes, est récompensée aussi par une médaille d'argent pour ses fontes, moulées en deuxième fusion, très-variées;

Des médailles de bronze sont données à M. Ducel, de la fonderie de Pocé, pour ses fontes d'ornement: balcons, panneaux, vasques, candélabres, etc.; et à M. Besqueut, de Trédion, pour ses fontes en poterie et boîtes de roues, coulées de première et de deuxième fusion;

Des mentions honorables sont distribuées à diverses fonderies pour la bonne qualité de leurs produits. La plupart de ces établissements

ont disparu aujourd'hui ou ont changé de direction et même de fabrication.

A l'exposition de 1849, les rapports du Jury ne donnent pas de documents intéressants, quant aux progrès de la fonderie, entre cette exposition et celle de 1844. On est au lendemain d'une révolution.

La fonderie des bronzes est largement représentée. Trente-trois exposants y prennent part. Les récompenses sont distribuées aux fondeurs de bronzes d'art, Eck et Durand, qui ont un rappel de médaille d'or; Quesnel et Charnod qui obtiennent des médailles de bronze. Leurs travaux, qui n'ont rien de plus saillant qu'à l'exposition de 1844, n'accusent ni progrès ni recul.

La fonderie, V. Thiébault obtient une médaille d'or pour ses fabrications de cuivre industriel et sa robinetterie. Des fondeurs de cloches : Bollée, du Mans ; Maurel, de Marseille, reçoivent des médailles de bronze;

La fonderie de cuivre mécanique, représentée en grande partie par des établissements parisiens, obtient trois médailles de bronze et sept mentions ;

L'usine du Val-d'Osne, fondée par M. André, obtient un rappel de médaille d'or; celle de Tusey et l'établissement Marsat, à Angoulême, de *nouvelles* médailles d'argent. Les fonderies de Marquise et celles de Dammemarie, des rappels de médailles d'argent; enfin, les fonderies Hamoir, de Maubeuge, Guérin, de Montluçon, et Ducel, de Pocé, obtiennent des médailles d'argent, ayant reçu la médaille de bronze en 1844;

Quatre fonderies : celles de Montiers-sur-Saulx, de Trédion, de la Bouexière, près Rennes, et d'Arcachon (Association ouvrière), sont récompensées par des médailles de bronze; neuf mentions ou citations sont en outre distribuées, dont une à Durenne, qui deviendra, aux futures expositions, l'un des plus importants et des plus remarquables fabricants de fontes d'art;

La fonte malléable reçoit en la personne de Victor Boys, une médaille de bronze; et en celles de Dalifol, et Barre, une citation favorable;

La maison Calla n'expose pas cette fois à titre de fonderie. Non plus la maison Piat, qui obtient une médaille de bronze pour sa mécanique;

Les bronzes d'ameublement sont nombreux : on revoit les fabriques Denière et Paillard, avec la médaille d'or; Villemsens, Vittoz, Delafosse, Charpentier, Matifat et Lerolle avec la médaille d'argent; et douze autres avec la médaille de bronze : dont Susse; Raingo; Marchand; Graux-Marly; Poussièlgue et Barbedienne, qui s'affirmeront aux expositions suivantes et tiendront bientôt la tête de leur industrie ;

Les bronzes pour les appareils d'éclairage se montrent cette fois avec une certaine importance. La maison Lacarrière obtient une médaille d'or. Les maisons George, Dombrowski et Piévron, des médailles de bronze.

Viennent alors les premières Expositions universelles. Entre celle de Londres en 1851, et celle de Paris en 1855, la distance est courte. On retrouve à Londres, avec des récompenses exceptionnelles, les fontes d'art représentées par la fonderie du Val-d'Osne (direction Barbezat). La fonderie de Sommevoire, de Durenne; celle de Pocé, de Ducel.

Cette dernière qui expose des statues et des groupes importants, est au-dessous, comme relief et comme quantité, des produits de ses deux concurrents. La maison Durenne tient la corde. Ayant eu une récompense inférieure à la dernière exposition à Paris, en 1849, elle a fait des frais énormes et se fait remarquer par l'abondance et la perfection de ses produits.

On retrouve les fonderies du Val-d'Osne et de Pocé luttant encore, en 1855, à la première Exposition universelle en France, où elles se présentent avec les usines de Niederbronn, de Brousseval, la fonderie Calla, les fonderies de Montiers-sur-Saulx, toutes dans des conditions supérieures devant les fonderies étrangères de la Compagnie anglaise de Coalbrookdale, de Réquilles-Pecqueur et Bukers, de Liège, etc.

On revoit les grandes usines à fer qui s'occupent spécialement des fontes dour constructions: travaux publics et chemins de fer. Les fonderies de Marquise avec leurs tuyaux coulés debout, par procédés particuliers nouvellement appliqués en France, et des séries de poutres, des colonnes, des roues coulées en coquilles. La fonderie de Fourchambault avec divers modèles de ponts, un très-bel affût en fonte et des tuyaux de conduite d'eau destinés à la ville de Madrid, de $0^m,90$ de diamètre et 3 mètres de longueur. La fonderie de Mazières avec des pièces pour charpentes et de magnifiques arceaux destinés à la gare du chemin de fer de l'Ouest. La fonderie de Conches, avec une chaudière de 4 mètres de diamètre coulée à l'épaisseur de 13 millimètres, etc.

Les fontes mécaniques sont représentées à l'Exposition de 1855 par de grandes pièces d'un moulage correct et parfaitement réussi, bien que la plupart d'un poids considérable. Sous ce rapport, quelques fonderies de Paris et les fondeurs anglais, dont la fonte a figuré dans les machines de l'Exposition de la Grande-Bretagne, ont parfaitement fait preuve de progrès; de même la fonderie de la marine, à Indret, qui présente dans les machines, venues de cet établissement, des pièces remarquables.

Les bronzes se sont montrés supérieurs à cette Exposition. De grandes figures, des animaux, des candélabres, etc., ont attesté le mérite des

fonderies d'art de Calla, Morin, Vittoz, Eck et Durand, Thiébaut, Graux-Marly, et notamment de la maison Barbedienne, qui, dans ses reproductions d'après l'antique, par les procédés Colas, a fondé sa grande réputation comme fabrique de bronzes. Les maisons Denière, Raingo, Susse, Delafontaine et vingt autres, se sont affirmées de nouveau avec des bronzes d'un grand mérite.

La fabrication des faux bronzes, en zinc doré, verni, bronzé, galvanisé, a montré de grands progrès. C'est presque de l'art. Et, si ce n'est pas du bronze, dès à présent on peut trouver dans ces produits des satisfactions à la portée des bourses moyennes. La fabrication des zincs coulés en coquille a pris aussi de l'extension; ceux-là ne sont pas les plus beaux. Cependant, l'Administration de la Vieille-Montagne expose des zincs moulés très-réussis; il est regrettable qu'elle ait fait une collection aussi nombreuse de modèles grotesques.

De tous ces produits, comparés aux quelques pièces typiques qui viennent de l'Angleterre ou de l'Allemagne, on peut dire encore que la France est toujours à la tête de l'industrie des bronzes, laquelle n'existe aussi puissante, ni aussi complète ailleurs.

Nous ne reviendrons sur les produits exposés en 1867 par la fonderie française que pour dire qu'ils se sont tenus à la hauteur de ceux de 1855 et qu'ils n'ont pas été dépassés par ceux de 1878.

A ce dernier concours, nous voyons reparaître ou se présenter à nouveau : dans la section des bronzes, avec une grande médaille, la maison Barbedienne; avec des médailles d'or, les maisons Raingo, Boyer frères, Cornu, Dasson, J. Graux, Lemaire, Lemesle, Lerolle, Lévy, Perrot et autres qui tiennent la tête aujourd'hui, pour la bonne exécution et le choix judicieux des modèles, de l'industrie des bronzes d'art et des bronzes d'ameublement.

Les fondeurs statuaires ont presque disparu. Seuls, V. Thiébault qui obtient une grande médaille, et Gonon à qui est donnée une médaille d'or, représentent les grands bronzes. Ce dernier paraît, en 1878, avec un travail remarquable en cire perdue. Une médaille d'or est attribuée à M. Lefèvre, fabricant de zincs d'art.

L'Exposition de 1878 a, du reste, été prodigue de récompenses pour la fabrique parisienne de bronzes :

Sur 34 médailles d'or attribuées aux concurrents de tous pays, 19 fabricants français ont reçu cette récompense élevée ;

Sur cent exposants environ ayant obtenu la médaille d'argent, il faut compter 43 établissements français. Enfin, sur 36 mentions, 22 sont venues récompenser des ateliers nationaux. La part faite à la France a été, de ce côté, assez belle et assez large pour que nous nous trouvions rassurés sur l'avenir du bronze.

Quant à la fonte d'art, si elle n'est pas en progrès, du moins elle

marque le pas à l'heure actuelle. Elle est aujourd'hui représentée par la Société du Val-d'Osne qui a englobé la maison Ducel et obtient à la fois une grande médaille et une médaille d'or; par la fonderie Durenne, de Sommevoire, qui reçoit une médaille d'or, et par la fonderie Denonvilliers, de Sermaize, qui a repris les modèles de quelques établissements de second ordre, aujourd'hui disparus. C'est peu, si l'on se reporte aux nombreuses et belles fontes qu'on a vues aux expositions de 1839, 1844, 1849 et 1855, et surtout si l'on reconnaît que les produits du Val-d'Osne et de Sommevoire ont surtout brillé en 1878, par la quantité, ramenant à de rares exceptions, les statues, les groupes, les vases, en un mot, la série des modèles déjà présentés aux concours précédents. Il est vrai que, dans ces dernières années, l'état des affaires n'a pas poussé les fabricants à créer de nouveaux modèles et que, d'un autre côté, pour ce qui est de la décoration métallique ornementale, les architectes ont plutôt poussé à l'emploi du fer qu'à celui de la fonte.

Dans les fontes de construction et autres, nous ne voyone figurer à l'Exposition que les usines de Marquise et celles de Pont-à-Mousson qui obtiennent la médaille d'or; celles de Fumel (Société métallurgique du Périgord), et de Maubeuge, qui reçoivent la médaille d'argent. La Société des fonderies et forges de Terrenoire, Lavoulte et Bassège, ayant obtenu une grande médaille pour l'ensemble de son exposition, aciers et fontes, parmi lesquelles une exhibition complète de sa fabrication de tuyaux coulés debout.

Parmi les autres fonderies, ayant exposé, on peut citer encore la fonderie de Conches, la fonderie de Bussy, la fonderie du Mans, la Compagnie des forges d'Audincourt, quelques fonderies des Ardennes et l'usine Godin-Lemaire, de Guise, établissement important consacré uniquement à la fabrication des fontes de chauffage, poêlerie et fumisterie.

Parmi les fonderies de cuivre pour la mécanique, il faut noter celle de Wargny, à Lille, qui obtient une médaille d'or; celle de Lainé et Broquin qui reçoit une médaille d'argent, et un certain nombre de fonderies de cloches : parmi lesquelles celles de Bollée, du Mans; Dencausse, Contal et Toya, de Tarbes; Dubuisson, Gallon et Hildebrand, de Paris.

De toutes les maisons que nous avons vu défiler aux Expositions depuis 1819, combien en reste-t-il qui ont survécu?

Fourchambault, s'occupe, aujourd'hui plutôt des constructions et de la mécanique que de fonderie; Marquise tend à se transformer, sinon à disparaître; Mazières vise à s'occuper plus spécialement de fontes en gueuses pour le moulage; Hayange appartient à l'Allemagne; de même les usines d'Ars et autres établissements de l'Alsace; Tusey s'est effacé et ne marche aujourd'hui que pour mémoire, écrasé par les hauts prix

du minerai et du charbon; — un grand nombre de hauts-fourneaux au charbon de bois ne pouvant travailler au coke pour continuer leur fabrication de moulages, se sont éteints ou transformés : dans la Haute-Marne; dans la Meuse; dans les Vosges et dans la Franche-Comté. L'usine de Pocé est fermée et les magasins Ducel, à Paris, se sont réunis à ceux du Val-d'Osne. Les hauts-fourneaux de la Normandie sont pour la plupart arrêtés, à l'exception de ceux qui, comme Conches, ont pu se réduire à la deuxième fusion. La fabrication des fontes moulées, en première fusion, si elle n'a totalement disparu, du moins s'est absolument ralentie et restreinte de toutes parts en France. Tel est le bilan que nous laisse cette revue rapide qui termine l'historique de la fonderie, que nous avons voulu placer en tête de ce livre, en montrant des aperçus qui ont bien leur intérêt, et qu'aucun auteur, ayant traité le sujet qui nous occupe, n'a songé jusqu'ici à examiner au point de vue du développement et de la marche des expositions industrielles en France.

PREMIÈRE PARTIE

DE LA FONDERIE DE FER

Les phénomènes particuliers qui accompagnent la fusion et la jetée en moule de la fonte de fer, ou si l'on veut du fer cru, sont aujourd'hui connus en grande partie de l'ingénieur et du praticien. La science et l'expérience ont donné la clef de bien des choses depuis que parût la première édition de cet ouvrage. Cependant, les résultats produits ne sont pas encore le dernier mot d'une industrie dont les progrès et la perfection ne semblent pas avoir de limites.

La fonderie de fer est devenue d'un usage de plus en plus général; elle pourvoit à un grand nombre de besoins industriels, agricoles et domestiques, auxquels elle apporte à la fois, l'économie, la solidité et la durée.

Le cuivre et ses alliages ont vu, en dehors de quelques perfectionnements assez rares, peu d'applications nouvelles dans les arts et dans l'industrie. La fonte, au contraire, s'est prêtée à des emplois de plus en plus étendus.

Plus dure que le cuivre, le bronze et le laiton, elle apporte à la construction des machines des éléments plus complets, plus simples et surtout d'un prix moins élevé.

Moins fusible, elle peut servir pour toutes les pièces qui doivent supporter de hautes températures, par exemple : les cornues à gaz et à produits chimiques; les pots à préparer le noir animal; les vases à recuire les barreaux de grilles, etc.

Très fluide et d'une température dont l'abaissement n'a pas lieu presque instantanément; d'une plus grande expansion et d'un moindre retrait au refroidissement, elle peut reproduire des objets fins et délicats, de la vaisselle, de la poterie, des ornements légers et variés, des

fourneaux et des appareils de chauffage, des statues et des grandes fontes monumentales, des candélabres, etc.

Les travaux obtenus de nos jours par les fonderies spéciales du Val-d'Osne, de Sommevoire et autres, ont démontré que les impressions obtenues par la fonte de fer peuvent devenir tellement parfaites qu'elles se prêtent aux exigences les plus difficiles, en conservant d'une façon satisfaisante les arêtes, les surfaces et les contours des œuvres d'art, à l'abri du burin du ciseleur.

D'une valeur relativement faible, tendant à s'abaisser de plus en plus et qui devra descendre encore, la fonte se prête aux plus grandes pièces de construction et des travaux publics, comme à celles les plus difficiles et les plus compliquées de la mécanique.

En perfectionnant les procédés de moulage, en ne les laissant pas, suivant les errements du temps passé, à l'unique habilité et au tour de main de l'ouvrier, en cherchant par d'heureuses dispositions des modèles, des châssis et du matériel, à spécialiser le moulage et à le rendre à peu près mécanique, lorsqu'il s'agit de fabrications qui se repètent; on arrivera, comme ont fait déjà certains fondeurs spécialistes, à produire les pièces de fonte non-seulement d'une façon économique, mais avec une rectitude parfaite, telle, qu'il sera possible d'éviter, dans bien des circonstances, des frais de dressage, d'ajustage et d'assemblage.

Depuis longtemps, les Anglais et les Américains opèrent ainsi pour certains objets qu'ils produisent en quantité. Nous avons vu, venant de ces pays, des pièces de calorifères et des cheminées tellement nettes et si exactement moulées, qu'elles s'assemblent tenues par des rivets, des agraffes ou des boulons, avec une précision presque aussi grande que celle qu'on obtiendrait au tour, à la raboteuse où à la lime.

On peut dans certaines fonderies françaises, par exemple : dans l'intéressant autant qu'important établissement de Guise (Aisne), fondé par M. Godin père, voir avec quelle précision des séries de pièces peuvent être obtenues en fonderie, à l'aide d'un moulage réglé et qu'on peut dire presque absolument mécanique.

Depuis que j'ai traité pour la première fois le sujet que je reprends aujourd'hui, l'allure des usines produisant la fonte moulée de mon temps, a bien changé, plus encore peut-être que celle des procédés employés pour la fusion et le moulage.

L'emploi de la première fusion a sensiblement diminué; les hauts-fourneaux sont des appareils souvent peu sûrs en matière de production pour le moulage, ils coûtent cher comme installation et entretien et exigent des approvisionnements importants. Sauf des exceptions, aujourd'hui relativement peu nombreuses, la fonderie française suivant les errements de la métallurgie anglaise, a trouvé plus simple de recourir plus communément et plus couramment à la deuxième fusion.

La facilité d'éteindre et de rallumer tous les jours les cubilots, aujourd'hui perfectionnés et économiques dont on dispose; les moyens de régler par des mélanges dont le résultat est presque instantané, la qualité exacte des fontes dont on a besoin; les grandes dépenses de création et de construction évitées; la simplicité des appareils et de l'outillage des fonderies de deuxième fusion, telles sont les causes principales qui ont amené la suppression et la transformation d'un certain nombre de hauts-fourneaux à moulage. Il y a lieu, en même temps, de tenir compte de la rareté du charbon de bois et de l'élévation de son prix, ainsi que de la nécessité de remplacer ce combustible par le coke, qui se prête moins aisément à assurer aux fontes moulées les qualités qu'on leur demande.

Aussi, ne dois-je pas m'étonner, pour ce qui me concerne, de voir qu'une grande partie des usines que j'ai visitées ou dirigées, et que j'ai citées dans mes précédentes éditions, a aujourd'hui disparu plus ou moins complètement. Le haut-fourneau de Vrécourt, où j'ai puisé les premières notes recueillies dans ma jeunesse, a été rasé et supprimé; de même, celui de l'abbaye d'Evaux; celui de Villouxel; celui de Pocé, où mon vieil ami Ducel avait créé sa belle industrie de fontes monumentales et organisé un véritable phalanstère pour ses ouvriers; et aussi, les usines de Portillon, près de Tours; de Morlaix, de Thonnance, dans la Meuse; et les petits fourneaux normands du marquis d'Albon, dans la forêt de Conches; et les grands établissements de marquise, qui sont appelés à sombrer, peut être, que j'ai tant contribué à faire si importants, qu'ils ont été, pendant vingt années, la première fonderie de France. Il est vrai qu'aussi les fonderies parisiennes dont je parlais alors, celles de Chaillot, de Charenton, les établissements Calla, Cavé et Piet, ont disparu, avec beaucoup d'autres également emportés par le temps. N'en parlons donc plus et passons.

Mes lecteurs voudront bien me pardonner cette digression personnelle en faveur de la peine que je prends à rétablir sur des bases plus *modernes*, mon *Traité de la Fonderie en France*. Puissé-je par là rendre encore quelques services à cette industrie que j'aime et qui m'a pris tant d'années dans ma longue carrière.

En industrie, les morts vont vite, et dans un demi-siècle, les situations se transforment, les établissements se succèdent et se remplacent: qui, par la disparition des chefs créateurs; qui, par suite de désastres commerciaux assez communs, dans les affaires se rattachant à l'emploi des métaux; qui, pour un grand nombre, par l'application de nouveaux procédés, par leur fusion avec d'autres usines ou par des déplacements inévitables dûs aux questions d'approvisionnement, ont vu se modifier leurs conditions premières.

A l'époque de la première exposition universelle, en 1855-1856, les fonderies de France étaient à peu près représentées comme suit :

385 Hauts-fourneaux au charbon de bois.	Produisant fonte brute ensemble.	802.069 tonnes.	
86 — — au mélange			
120 — — au coke.			
594 Cubilots.	en moulages de 1re fusion	121.088	—
41 Fours à réverbère.	en moulages de 2e fusion.	153.595	—

Les départements qui avaient le plus de fonderies de première fusion étaient dans l'ordre du chiffre numérique de leurs hauts-fourneaux : la Haute-Marne, la Loire, la Haute-Saône, la Dordogne, la Côte-d'Or, les Ardennes et la Moselle, la Meuse et le Cher, l'Indre, les Landes, l'Orne et la Nièvre.

Les départements comprenant le plus grand nombre de fonderies de de deuxième fusion étaient : le Nord et la Gironde (70 à 80 cubilots); la Seine (56 cubilots) ; la Seine-Inférieure, la Loire, le Haut-Rhin et le Bas-Rhin (25 à 30 cubilots); la Somme, les Bouches-du-Rhône, les Ardennes, la Haute-Saône, la Meuse et le Pas-de-Calais (15 à 20 cubilots); la Côte-d'Or, la Manche, la Haute-Marne, l'Hérault et le Doubs (10 à 15 cubilots).

On voit que les départements dans lesquels la fonderie de deuxième fusion est la plus largement pratiquée, sont ceux qui sont particulièrement industriels et ne possèdent pas, ou n'ont qu'un très petit nombre de hauts-fourneaux, ces départements n'étant pas favorisés par le minerai ni par le combustible.

La situation de la fonderie est à peu près la même aujourd'hui; quelques hauts-fourneaux à marchandises se sont éteints ou se sont transformés pour produire de la fonte à moulages ou de la fonte à fers fins; quelques fonderies de deuxième fusion ont pu s'élever à nouveau dans les départements agricoles; mais, il n'y a pas eu lieu à un grand déplacement de chiffres, les hauts-fourneaux à moulages possédant généralement des cubilots qui ont disparu avec les usines ayant cessé la fabrication des fontes moulées.

Au reste, les usines françaises qui se livrent aujourd'hui à la production des moulages, n'ont pas dégénéré.

La plupart, parmi celles qui ont conservé des hauts-fourneaux, travaillent avec une grande supériorité. Les établissements de la Meuse et de la Haute-Marne ont conservé le monopole des belles fontes d'art. Ceux de la Franche-Comté, la tradition des poteries fines et légères que l'économie domestique accueille toujours avec faveur. Les fonderies des Ardennes se distinguent par leur belle et bonne exécution en pièces plates et en petits ornements légers et délicats. Les établissements de Marquise, de Fourchambault, de Mazières etc., produisent, en grandes

quantités, les plus magnifiques fontes de construction qu'on puisse désirer, ainsi qu'on a pu le voir encore à la dernière Exposition en 1878.

Enfin, un grand nombre de fonderies de deuxième fusion livrent à l'industrie des fontes mécaniques bien exécutées.

Et cela, sans parler des grandes fonderies qui dépendent des ateliers de construction, telles que celles qui sont annexées aux usines du Creusot, de Fives-Lille, Cail, etc., et celles de la marine, à Indret, Toulon et autres ports. Là, si l'on ne fabrique pas dans des conditions économiques bien prouvées, on ne peut nier qu'il soit produit des pièces parfaites d'exécution et remarquables par l'importance de leurs dimensions et de leur poids.

Au total, presque toutes les fonderies ont progressé. Tantôt, sous le rapport économique, tantôt sous celui de la belle et bonne exécution. Le plus souvent au point de vue de l'augmentation de la production. A mesure que se développeront les chapitres de ce livre, je m'attacherai à indiquer ce qui pourrait être fait pour atteindre de nouvelles et plus importantes améliorations, encore, que celles déjà constatées. Il y a certainement beaucoup à faire de tous côtés : procédés de fusion et de coulée assurés et poussés à la plus grande réalisation économique; simplification des appareils au point de vue de l'organisation et de l'entretien; matériel à augmenter et à transformer pour obtenir le meilleur rendement possible, en réduisant la main-d'œuvre; moulage, surtout, car là, est une des grandes questions d'avenir pour la fonderie, à perfectionner, à rendre plus sûr, plus prompt et plus exact; ébarbage et achèvement des pièces moulées à obtenir plus facile et moins coûteux, d'abord par la bonne exécution du moulage, puis par l'application de moyens mécaniques pour désabler, nettoyer, meuler, ébarber et approprier les pièces qui sortent de la fonderie.

Déjà, je l'ai dit plus haut, les fondeurs anglais et américains sont entrés dans cette voie, en cherchant dans la perfection du moulage l'assemblage sans ajustement des pièces brutes. Ces fabricants savent parfaitement que si un bon moulage peut leur assurer un tel résultat économique, ce résultat doit leur servir également à écarter, sinon à annuler l'ébarbage, dans la plupart des pièces simples qui peuvent avec des soins particuliers, sortir du moule sans bavures, comme sans traces inopportunes de jets et de coulées.

Je serai bref, s'il le faut, à l'endroit des procédés de fusion et de certains détails techniques que nos lecteurs pourront retrouver ailleurs ; mais je tâcherai de développer le plus possible dans les autres parties de ce livre, les questions : modèles, moulage, fabrication des sables, matériel et organisation des fonderies etc.; parce que ces questions sont, aujourd'hui, les premiers éléments de progrès et de prospérité avec lesquels toutes les fonderies doivent compter.

PREMIÈRE FUSION

Production de la fonte à moulages dans les hauts-fourneaux.

Je prends le parti de condenser ici, dans des limites assez restreintes, tout ce qui a rapport au travail des hauts-fourneaux, depuis le traitement des minerais, celui des fondants et des combustibles, jusqu'à la marche même des appareils qui produisent la fonte.

Assez d'ouvrages se sont produits sur la métallurgie qui ont traité ces questions, pour que je n'aie pas à m'étendre longuement sur des détails scientifiques et industriels qu'on trouvera relatés de toutes parts, avec plus ou moins de compétence dans les publications non moins anciennes que les miennes, le *Manuel de la métallurgie* de Karsten, l'*Atlas métallurgique* de Walter et Leblanc, la *Métallurgie du fer* de Flachat, Barrault et Petiet et dans d'autres *Traités* plus modernes, celui de Percy traduit de l'anglais et commenté par les ingénieurs Petitgand et Ronna, ceux de Valérius et d'autres auteurs belges (1). Du reste, la plupart de ces ouvrages traitent plutôt la question du fer dans ses progrès étendus à la production nouvelle et, non moins importante, de l'acier obtenu par les méthodes directes.

Pour moi, qui n'ai à voir ici que le sujet spécial que je traite : *La Fonderie*, je sais que je ne puis aborder ce sujet avec autorité, sans présenter tout au moins à mes lecteurs des données générales sur les hauts-fourneaux et sur la production de la fonte de première fusion, en même temps que sur les points importants qui s'y rattachent accessoirement.

C'est ce que je vais essayer de faire, en restant dans les limites les plus étroites et en empruntant à mon premier livre tout ce qui n'est pas trop ancien pour cesser d'être encore intéressant.

Si les fourneaux marchant au charbon de bois et produisant les moulages ont diminué ; il faut dire aussi que des usines de première fusion se sont mises, non sans succès, à fabriquer les fontes moulées au coke.

(1) A propos de l'ouvrage de Valérius, je dirai, non pas que j'en fasse une question, que ce traité m'a impunément copié, texte et figures, en quelques parties. Il en a été de même de quelques autres recueils, entre autres du dictionnaire Laboulaye. Celui-là a puisé tout son article sur la fonderie dans mon livre sans penser qu'il faisait, à mon éditeur comme à moi, un véritable tort matériel.

J'aurai à en parler, entre autres, des hauts-fourneaux de Marquise que j'ai dirigés depuis 1848 jusqu'en 1862-63 et où j'ai été à même d'enregistrer de nombreux résultats aussi utiles qu'intéressants.

S'il a été admis que les minerais communément exploités dans les usines françaises de la Champagne, de la Meuse, de la Moselle, du Berry et du Périgord notamment, donnaient par le traitement au charbon de bois, des fontes se présentant dans des conditions exceptionnelles de pureté, de douceur et de ténacité, avantages qui sont inappréciables dans la fabrication des objets moulés, il faut reconnaître que certains moulages en fonte au coke, se sont montrés de leur côté dans des conditions suffisantes de bon emploi, tout en présentant des avantages incontestables de bon marché.

C'est pourquoi, on peut reconnaître en principe, que la fonderie appliquée dans les usines au coke doit donner des produits qui, d'un prix beaucoup moins élevé que celui résultant de la fonte au charbon de bois, suffisent au plus grand nombre des besoins de l'industrie.

L'emploi du coke permet d'employer des appareils de grandes dimensions pouvant donner dans un même temps une bien plus grande quantité de fontes que les hauts-fourneaux alimentés avec le combustible minéral, sans que les dépenses d'exploitation, de roulement et les frais généraux, subissent une augmentation croissant dans une proportion beaucoup plus forte (1). Aussi, ne faut-il pas s'étonner que des établissements comme ceux de Marquise, de Lavoulte, de Maubeuge etc., aient pu arriver à organiser des fabrications considérables de fontes moulées et à trouver des débouchés suffisants.

Ceci posé, et sans plus de préambules, j'entrerai en plein dans mon sujet, parlant d'abord des minerais et des fondants, puis des combustibles, des appareils à air chaud, de l'emploi des gaz et des machines souffiantes, enfin, des hauts-fourneaux, de leur construction et de leur marche.

Des minerais de fer.

La France est très riche en minerais; pour la plupart, déposés à la surface, ils ne nécessitent pas de grands frais d'extraction; mais, ils ne sont pas en général d'une grande richesse; et, sauf quelques exceptions qui atteignent comme rendement en fer 50 à 60 p. 0/0, le plus grand

(1) On a construit en Amérique des hauts-fourneaux de dimensions colossales, à neuf ou dix tuyères, pouvant produire par vingt-quatre heures, 80 tonnes de fonte et plus. En Angleterre et en Belgique la production de certains hauts-fourneaux au coke a dépassé 30 tonnes; mais il ne s'agit pas, dans ces applications, de la fonte moulée.

nombre ne dépasse pas 30 à 40 p. 0/0. Leur éloignement des houillères, si l'on excepte quelques usines favorisées et l'insuffisance des moyens de transport, rivières, canaux et chemins de fer, font que les minerais français plus variés et plus répandus que les minerais d'Angleterre, sont d'un approvisionnement et d'un prix de revient plus onéreux que ces derniers. Ceux-ci, en effet, se trouvant dans les districts métallurgiques à la portée des houillères, souvent même confondus avec la houille, sont d'une exploitation plus immédiate, plus directe et plus facile que celle des minerais français.

Le nombre des mines et des exploitations de minières en France s'est notablement développé depuis une vingtaine d'années, non pas seulement en se localisant pour approvisionner les hauts-fourneaux sur place, mais par le trafic, un grand nombre de minerais étant extraits pour être vendus et transportés plus ou moins loin à la disposition d'usines qui n'ont autour d'elles que des gisements insuffisants.

En 1853 et 1854, onze cents mines ou minières produisaient 3,318,904 tonnes de minerais, exploités. En 1858 et 1859, quatorze cents exploitations ont produit environ 3,750,000 tonnes. Ces chiffres empruntés à la *Statistique des Mines*, sont peu différents de ceux énoncés actuellement et plutôt moindres.

La métallurgie a souffert. D'autre part un certain nombre de grandes usines mal placées à cet égard : le Creusot, Marquise, Outreau et autres, ont une partie de leurs minerais à prix élevés, étant importés de Belgique, comme la houille. Dans le Pas-de-Calais où les dépôts sont abondants, mais siliceux et réfractaires, et où les minerais carbonatés qui remontaient, la moyenne comme qualité, sont venus à manquer, on emploie en grande partie des minerais des côtes de Bretagne, d'Algérie et d'Espagne, traités avec des combustibles belges, anglais ou du Pas-de-Calais. A Denain et à Anzin, avec les charbons du Nord, on est obligé d'aller prendre sur la côte de Boulogne, des minerais chers et de qualité inférieure.

Au Creusot, on va chercher au loin, en Algérie, en Corse ou en Espagne des minerais fort chers, traités avec le coke extrait des houilles grasses du bassin de Saint-Etienne.

Dans la Loire, les usines à fer traitent les mines des départements voisins et vont prendre jusque dans la Corse et dans les Pyrénées des fontes au bois pour leurs travaux d'affinage.

Dans les groupes d'Alais, de Decazeville et d'Aubin, qui ont leur charbon sur place, on doit mélanger les minerais de la localité avec ceux d'Espagne et d'Afrique; aux fourneaux de Saint-Louis également.

Dans les usines du centre, seulement, on rencontre à la fois, par exemple dans le groupe de Commentry, du charbon de qualité et à prix passable et des minerais de bonne qualité, mais peu abondants.

En somme, à part le groupe de l'Aveyron dont les produits sont inférieurs et celui de la Moselle qui donnerait meilleur, mais qui appartient aujourd'hui à l'Allemagne, les grands centres métallurgiques de la France pour la production du fer et de la fonte, sont pour la plupart, dans des conditions assez défectueuses.

D'un autre côté, des exploitations à peu près dans l'abandon ont pris une certaine activité, par exemple à Redon, sur les côtes de la France entre Cherbourg et Lorient.

Ce n'est qu'avec des voies et moyens de transport économiques et abondants, et aussi avec le régime de la protection qu'on parviendra à les relever de l'état d'infériorité relative où ils se trouvent. Les usines de l'intérieur de la France où l'on emploie encore le charbon de bois et celles qui ont admis le coke, non pas parce qu'il revient à bon compte, mais parce qu'il est, malgré tout, moins cher que le charbon de bois, ne peuvent se sauver que par le bas prix de leurs minerais et la spécialité de leurs produits : fontes à moulages ou pour fabrication de fers fins, fontes moulées et fers laminés en marchandises courantes d'une nature déterminée.

Les départements du Cher, de la Haute-Marne, de la Moselle, de la Meuse, du Pas-de-Calais, de la Côte-d'Or, de la Haute-Saône, du Nord, des Ardennes, de l'Ardèche, et de l'Aveyron, fournissent ensemble les quatre cinquièmes de la consommation totale du minerai de fer en France. Le prix moyen de ces minerais varie, suivant la contrée et la difficulté de l'exploitation entre 12 et 20 francs la tonne. Avec les déchets résultant de la préparation des minerais, triage, lavage, bocardage, grillage etc., il faut compter que la production annuelle, de 3,750,000 tonnes constatée plus haut, est abaissée d'un tiers et représente 250,000 tonnes, tout au plus, de minerai en état d'être chargé au fourneau.

On peut se rendre compte de la valeur moyenne qu'atteignent par les transports et le travail de préparation mécanique les prix de certains minerais au moment où ils sont livrés aux usines.

Dans le département des Ardennes, le minerai brut à l'extraction, revient en moyenne à. . . . . 1 fr. 25
Préparé et livré aux usines, il coûte. 11 00

C'est à peu près la même proportion dans la Meuse où il coûte 1 fr. 30 à l'extraction pour revenir à l'usine à 12 fr. 00.

Dans l'Aveyron, il revient brut à	4 fr.	60	et nettoyé, rendu sur place à		6 fr.	20
— la Moselle.	4	55	—	—	8	00
— le Cher et Saône-et-Loire .	4	80	—	—	13	00
— la Côte-d'Or	2	70	—	—	14	00
— le Doubs	5	00	—	—	23	20
— les Landes.	9	10	—	—	22	40

Dans l'Aveyron et la Moselle, les minerais nécessitent peu de préparations mécaniques et de plus, les haut-fourneaux sont plantés à peu près sur les minières. De là, une économie qui réduit sensiblement l'écart entre le prix du minerai extrait et celui du minerai nettoyé et rendu à pied-d'œuvre. Il est vrai aussi que les minerais sont de qualité inférieure. Mais en réalité, ce sont les contrées en France où la fonte au creuset revient le moins cher.

Au point de vue du travail journalier des haut-fourneaux, la pratique se borne à distinguer deux classes de minerais de fer : les minerais d'alluvion ou minerais en grains et les minerais en roches, qui se trouvent à l'état natif, par filons ou par dépôts d'une importance plus ou moins considérable.

Ces minerais se rapportent à trois espèces principales que la science métallurgique moderne divise en catégories plus distinctes : les minerais oxygénés, les minerais carbonatés, les minerais siliceux.

Le fer à l'état natif, est rare. On le trouve combiné avec divers corps tels que le soufre, l'arsenic, le phosphore, ou avec l'oxygène en proportions variables. Il existe en grande partie dans les ocres, dans le fer limoneux des marais et dans quelques autres substances terreuses friables de diverses couleurs. Dans le premier cas, on débarrasse le fer du soufre ou de l'arsenic qu'il contient, en le calcinant fortement par le chauffage au bois ou à la houille à l'aide des fours à griller; dans le deuxième cas, les minerais mélangés de terre sont passés au bocard ou seulement lavés.

La classification adoptée par Karsten donne assez exactement l'idée des différentes combinaisons du fer, telles qu'on les trouve dans la nature. Elle admet les divers états qui suivent, lesquels sont susceptibles de modifications selon que les combinaisons existent à différents degrés et comportent un plus ou moins grand nombre d'éléments accessoires.

1° Fer ductile natif ;
2° Fer sulfuré ;
3° Fer arsenical ;
4° Protoxyde et peroxyde de fer, caractérisé par une râclure noire ou grise ;
5° Peroxyde de fer anhydre, se distinguant par la râclure rouge.
6° Peroxyde de fer, combiné avec l'eau présentant une râclure brune ou jaune.
7° Fer oxydé, combiné avec l'acide titanique ;
8° Fer oxydé, combiné avec l'acide tungstique ;
9° Fer oxydé, combiné avec le protoxyde de chrôme ;
10° Fer oxydé, combiné avec la silice;
11° Fer oxydé, combiné avec l'acide carbonique, mélangé avec des silicates;
12° Fer oxydé, combiné avec l'acide phosphorique ;
13° Fer oxydé, combiné avec l'acide phosphorique ;
14° Fer oxydé, combiné avec l'acide arsénique ;
15° Fer oxydé, combiné avec l'acide arsénique et l'acide sulfurique ;
16° Fer oxydé, combiné avec l'acide oxalique.

Laissant de côté cette classification dont le caractère plutôt scientifique que manufacturier échappe à notre sujet, nous nous bornerons à donner quelques indications générales en prenant comme base la division présentée plus haut et qui a été pour la première fois, croyons-nous, admise par Walter dans son ouvrage sur la métallurgie du fer

Minerais oxygénés. — Cette classe comprend les fers oxydulés, les fers oligistes, les fers hydratés.

Le fer oxydulé magnétique ou oxyde magnétique est peu commun en France, où son exploitation n'a eu jusqu'à présent qu'une importance restreinte. On le trouve en gîtes assez rares, et le plus souvent combiné avec divers autres minerais, dans les départements du Gard, de l'Hérault, de l'Ariège et des Pyrénées-Orientales. Les minerais de Caro exploités à l'extrémité des Pyrénées-Orientales et de l'Ariège, vers la frontière espagnole, sont exportés avantageusement pour le travail des forges catalanes, qu'on trouve encore dans la vallée d'Andorre et dans la Catalogne. La vallée d'Andorre possède elle-même quelques gîtes importants de fer oxydulé.

On rencontre aussi l'oxyde magnétique en Bretagne et dans les Ardennes; en Corse et en Savoie. En Algérie, dans la province de Bône et de Constantine où diverses tentatives d'exploitation de hauts-fourneaux ont eu lieu, on extrait le fer oxydulé des gîtes d'Aïn-Moska et d'Al-Karèzas.

Des essais de ce minerai, introduit en France vers 1860, ont été tentés dans diverses usines, entre autres à notre connaissance, à Marquise et aux fourneaux de Denain et d'Anzin.

Les oxydes magnétiques, généralement réfractaires sont d'un traitement difficile; ils produisent des fers très-tenaces se prêtant parfaitement à la fabrication des aciers de première qualité. Mais, ils ne sont guère, que nous sachions, employés seuls dans les hauts-fourneaux français.

Depuis peu d'années, toutefois, une certaine tendance se produit en vue d'élargir leur emploi dans les usines françaises. Quelques usines du Midi et du Nord, les haut-fourneaux du Creusot et même quelques établissements du Centre ont essayé fructueusement les minerais oxydulés dont nous parlons et ceux plus importants de l'ile d'Elbe et de la Sardaigne.

Les minerais de fer oxydulé sont très-riches et accusent à l'essai une richesse qui atteint de 55 à 60 p. 0/0 de fer.

Le minerai magnétique de Balaigt *(Pyrénées-Orientales)* donne à l'analyse: peroxyde de fer 80,55; les minerais magnétiques de l'Hérault fournissent à l'analyse: peroxyde de fer 58,60; fer à l'essai 61 p. 0/0. Ceux de Puymorens, dans l'Ardèche, donnent à l'analyse 73,60 et à l'essai 55 à

60 p. 0/0. Ces minerais produisent des fontes grises, douces et généralement malléables.

Fer oligiste. — Le fer oligiste ou peroxyde de fer est une variété des minerais dits peroxydes anhydres. On le trouve en masses ou en amas stratifiés, en filons, etc., dans les Vosges, dans la Moselle, dans le Bas-Rhin, dans la Côte-d'Or et aussi dans la chaîne de montagnes du département de l'Aude et des Pyrénées-Orientales.

La Corse, l'ile d'Elbe, l'Algérie dans les gisements d'Aïn-Motka et d'Al-'Karezas, les côtes de la Sardaigne et de la Toscane fournissent des minerais de fer oligiste que tendent à employer de plus en plus les usines métallurgiques de la France, notamment les hauts-fourneaux du Midi.

Les minerais oligistes en masses, tels que ceux de l'ile d'Elbe, entre autres, sont d'une richesse exceptionnelle et par suite d'un traitement difficile au haut-fourneau. Ils rendent jusque 85 à 90 p. 0/0 de fer. En moyenne 75 p. 0/0. Les minerais arénacés sont moins riches et ne produisent guère que 45 à 50 p. 0/0.

Ces minerais, soumis seuls à la fusion, donneraient généralement des fontes blanches ou truités-blanches lamelleuses. Ils peuvent permettre de fabriquer des fers-forts d'excellente qualité.

Nous citerons pour mémoire les minerais oligistes micacés à structure particulière lamelleuse, qui se montrent le plus souvent associés au peroxyde de fer ou mêlés à des amas de peroxyde hydraté. Ces minerais dont on trouve des gisements dans les Pyrénées, en Bretagne et en Auvergne sont peu employés en raison de leur friabilité qui les fait tomber en poussière sous l'action du feu.

Fer oxydé rouge. — Les minerais de cette catégorie sont :

1° Les hématites rouges qui se rencontrent en masses importantes d'ordinaire mélangées aux fers hydratés et intercalées dans la roche schisteuse des terrains de transition. On rencontre l'hématite rouge dans les départements des Vosges et du Puy-de-Dôme, et aussi dans les gisements des départements de l'Ariège, de l'Hérault, de l'Aude et des Pyrénées-Orientales. Les minerais hématites rouges fournissent à l'essai une richesse en fer de 40 à 60 p. 0/0.

2° L'oxyde compact qui est beaucoup plus exploité que l'hématite rouge et qui fournit d'abondants approvisionnements aux groupes importants de la métallurgie du fer en France.

L'oxyde compact se rencontre en masses terreuses, condensées, en grains arrondis plus ou moins agglutinés, sinon en poussière.

On exploite ce minerai dans la Moselle, dans les Vosges, dans le Bas-Rhin et dans la Haute-Saône où il est l'objet d'une consommation importante. Les hauts-fourneaux de Lavoulte, dans l'Ardèche, et quelques

usines des Basses-Pyrénées l'emploient également sur une grande échelle.

Un autre minerai, des plus communs et des plus exploités en France, le fer oxydé rouge compact, connu également sous le nom de minerai en roches, se présente dans les terrains de transition, dans le liais, à la base du terrain jurassique, presque toujours mélangé a des peroxydes hydratés et au manganèse ; il donne généralement des fontes grises et des fers de bonne qualité. Son rendement à l'essai varie entre 50 et 70 p. 0/0.

Les minerais oligistes lithoïdes de la Belgique qui viennent alimenter en France les usines du Nord appartiennent à la variété des oxydes compacts. Le duché de Nassau qui exploite des gisements considérables de minerai rouge compact et terreux, en grains irréguliers d'oxyde de fer, mélangé au quartz et à l'argile calcaire, fournit à quelques uns de nos fourneaux du Nord et de la Moselle, ce minerai susceptible de rendre 65 p. 0/0 de fonte au creuset.

Nous insisterons peu sur les minerais oxydés ocreux, qui sont moins riches que les minerais rouges compacts et ne fournissent guère, en moyenne dans les usines françaises qui les utilisent, que 35 à 40 p. 0/0 de fer fondu.

Fer hydraté. — C'est le minerai le plus répandu en France. Walter distingue les hydratés bruns, les hydratés compacts, les hydratés oolithes, les hydratés granuleux et les hydratés limoneux. A l'exception de ce dernier minerai, qu'on n'exploite pas en France et qui constitue une variété particulière à certaines contrées, notamment à la Suède, où on le trouve en abondance, toutes les autres variétés de minerais hydratés sont utilisées chez nous, quelques unes en quantités considérables, notamment les hydratés granuleux ou minerais en grains que brûlent les hauts-fourneaux des départements de la Haute-Marne, de la Meuse, de la Haute-Saône, du Haut-Rhin, de la Côte-d'Or, de Saône-et-Loire, des Ardennes, du Cher, de l'Allier etc. Ce sont ces minerais qui passent pour donner, dans les usines de la Meuse, de la Haute-Marne et des Ardennes, les plus belles fontes moulées à surfaces nettes et unies, les moins susceptibles d'être attaquées par le contact de l'air et de l'eau.

On exploite encore, mais en moins grande quantité les fers, hydratés bruns et hydratés compacts : les uns dans le département de l'Aude, dans l'Ariège, dans diverses localités limitrophes des Pyrénées, les autres dans les Vosges, la Moselle, la Marne et les Ardennes, dans l'Ariège, le Lot, l'Aude, l'Aveyron, les Basses-Pyrénées, dans le Puy-de-Dôme et dans la Nièvre ; enfin en Algérie et sur les côtes de l'Espagne.

Les hydroxydes oolithiques se trouvent en abondance dans la Meuse,

la Meurthe et surtout dans la Moselle où ils donnent, suivant la nature des gisements, des fontes de moulage d'une bonne qualité.

Les plus productifs des minerais hydratés sont, les hydroxydes bruns et les hydroxydes compacts qui fournissent, au rendement du haut-fourneau, entre 40 et 50 p. 0/0.

Les minerais hydratés granuleux et les oolithes rendent moins et rarement au-dessus de 35 à 40 p. 0/0.

Ces variétés, en comprenant les minerais dits d'alluvion, sont avons-nous dit, les plus communes en France. Elles existent en quantités considérables dans le liais, à tous les étages de la formation oolithique et crétacée, où, dans les dépôts tertiaires les recouvrant.

Les minerais d'alluvion sont disposés entre les argiles du terrain tertiaire et les dernières assises du terrain crétacé jurassique. Bien que se trouvant dans les mêmes régions que les minerais intercalés, les minerais d'alluvion ne sont pas stratifiés et résultent particulièrement d'un remaniement avec des minerais de formation antérieure.

Si l'on examine l'aspect des minerais hydratés dans les diverses contrées métallurgiques où ces minerais sont répandus avec le plus de profusion, on note :

Que dans la Haute-Marne, la Meuse, la Meurthe et la Moselle, les hydroxydes en grains sont renfermés sous des sables siliceux ou des argiles, dans des marnes compactes, grisâtres, micacées remplissant les cavités du terrain jurassique. Les hydroxydes oolithiques se montrent disséminés en grains ou en rognons dans les argiles étendus par couches au-dessus des marnes, roulés dans les sables d'alluvions ; ou encore en roches enchassées dans les anfractuosités du calcaire jurassique, connu, aux environs de Joinville dans la Haute-Marne ;

Que dans la Franche-Comté, les hydroxydes affectent la forme milliaire à grains pisiformes déposés en couches concentriques dans l'argile marneuse ou en grains brunâtres agglutinés ;

Que dans les Ardennes, les mêmes minerais se rencontrent également n grains pisiformes, bruns ou gris empâtés avec l'argile. Dans le Cher, dans la Nièvre et dans l'Allier, les mêmes variétés de minerais se trouvent en grains, en rognons, en masses concrétionnées, agglutinées dans l'argile calcaire mélangée de quartz;

Que dans l'Indre, la Charente, la Vendée, la Côte-d'Or et le groupe dit du Périgord et de l'Aquitaine, les fers hydratés se présentent sous orme de grains isolés ou de grains agglutinés par masses dans le errain calcaire.

Partout, dans ces contrées, quelque soit l'exploitation plus ou moins abondante, plus ou moins facile, le minerai en grains domine, allié le plus souvent à une gangue calcaire ou marneuse qui lui fournit en

partie l'appoint nécessaire à sa réduction et à sa fusion dans les hauts-fourneaux.

Minerais carbonatés. — Ces minerais se trouvent en filons, en amas ou en couches stratifiées dans les terrains de transition, à la base du liais dans la formation houillière. Ils comprennent trois variétés : le fer spathique blanc, le fer spathique brun, le fer carbonaté lithoïde.

Le fer *spathique blanc* ou *siderose* est d'un aspect jaunâtre passant à la couleur brune sous le contact de l'air. On l'exploite en France dans les départements de l'Isère, de Saône-et-Loire, du Tarn et du Puy-de-Dôme. Il existe en masses considérables dans les mines du versant français des Pyrénées-Orientales.

Les usines de Marquise exploitent, sur la côte du Boulonnais, une variété de minerai carbonaté blanc, encaissé dans l'argile calcaire et souvent accompagné de pyrites de cuivre disséminées qui obligent à griller ce minerai où, tout au moins, à le laisser pendant un certain temps exposé à l'air qui lui fait subir une calcination lente, le plus souvent suffisante.

En d'autres contrées, le fer spathique blanc est combiné avec le manganèse. Le minerai le plus pur, de cette sorte, se trouve dans les mines du Canigou et dans les exploitations de la Bidassoa, dans le Guipuscoa, une des provinces espagnoles frontière de la France.

Le *fer spathique brun*, est un minerai en quelque sorte dérivé naturel du fer spathique blanc, qui se transforme en peroxyde et se rencontre dans les mêmes gîtes que cette variété, notamment dans le plus fort des gisements de minerais carbonatés des Pyrénées, de l'Isère, de l'Ariège, de l'Aude et de la Haute-Garonne.

Le minerai carbonaté blanc subissant, par la décomposition à l'air ou par le lavage des eaux pluviales et d'infiltration, une transformation lente et progressive prend la même teinte, brune noirâtre, qu'il acquiert par la calcination dans les fours du grillage et constitue un des meilleurs minerais de fer que peut utiliser la métallurgie.

Le *fer carbonaté lithoïde*, est uue variété dite fer carbonaté des houillères, assez rare en France où on l'exploite, toutefois, à un degré plus ou moins important dans le Gard, dans l'Allier, dans les usines de Saint-Étienne et de Saint-Chamond, dans le Nord, à Anzin et dans le Pas-de-Calais aux usines de Marquise et d'Outreau. En général, de nature siliceuse ou quartzeuze, parfois mélangé de pyrites cuivreuses imprégnées de baryte, de magnésie, de carbonate de chaux et de roches schisteuses, le minerai lithoïde est peu abondant et d'une exploitation assez dispendieuse, en France. On le trouve par masses plus

importantes en Angleterre où les usines à hauts-fourneaux l'exploitent en grand sous le nom de *black-band*, notamment dans le Staffordshire, dans le Yorskire et dans le Cleveland.

Le black-band d'Ecosse varie comme qualité, comme composition et comme proportion de houille mélangée ; il est d'une richesse moyenne de 50 p. 0/0 environ de peroxyde de fer. Au haut-fourneau, il fournit environ 40 p. 0/0 de fer métallique. Le minerai des houillères est grillé sur place à l'aide du charbon qui lui est adhérent et suffit le plus souvent à la combustion qu'entraîne le grillage. De là, des conditions particulières d'économie que la métallurgie française n'atteint pas facilement et qui assurent, aux fonderies d'Ecosse, les débouchés considérables qu'elles trouvent sur les différents marchés du monde.

Minerais siliceux. — Ces minerais dans lesquels la silice est combinée avec le peroxyde de fer hydraté ou avec le fer anhydre sont à peine exploités en France. Ce sont généralement des minerais pauvres, d'un traitement difficile et d'un emploi dispendieux. On les trouve dans le Cantal, le Puy-de-Dôme, l'Ardèche, l'Isère, les Pyrénées, partout où se rencontrent les roches basaltiques, les jaspes et les grenats, des terrains volcaniques.

Nous ne parlerons pas des diverses combinaisons du fer, dans l'ordre minéral, lesquelles ne sont pas l'objet d'une exploitation régulière très sérieuse en vue de la production de la fonte.

On trouve en France du fer chrômé, dans le Var et dans l'Aveyron; du fer titané dans les départements du Puy-de-Dôme, de la Corrèze et dans la Loire-Inférieure où il existe un gisement important de ce minerai, à Maisdon, comme ailleurs, des minerais sulfurés, phosphatés, arseniés, etc. qui n'ont pas d'emploi, dans la métallurgie du fer.

Classification des minerais de fer suivant leur exploitation et leur emploi en France.

De ce que nous venons de dire, dans le résumé rapide qui précède, on peut admettre en France dix groupes métallurgiques que nous désignerons par les noms que leur a attribué l'usage.

Ces groupes (1), auxquels nous ajouterons l'Algérie, qui apporte aujourd'hui un appoint très intéressant et très important à la consommation des forges françaises, sont :

(1) Nous préférons le classement par groupes, dût-il accuser quelques écarts et laisser quelques lacunes, au classement par espèces ou par analogie qui est tout aussi difficile à établir et qui ne montre pas, aussi nettement, la physionomie et les ressources d'une contrée, que le font nos citations rapprochées et résumées.

1° Le groupe dit du Périgord comprenant les départements de la Charente, de la Haute-Vienne, de la Dordogne, de la Gironde, des Landes, du Lot, du Lot-et-Garonne, de la Vendée, des Deux-Sèvres, etc. Ce groupe exploite et consomme généralement des minerais hydroxydés en grains, dans les terrains secondaires, des minerais oxydés rouges, des minerais carbonatés dans le calcaire, du fer oligiste en paillettes dans les argiles, ces derniers principalement recueillis dans le département des Landes;

2° Le groupe du Midi, soit, la Creuse, la Corrèze, le Puy-de-Dôme, le Gard, l'Aveyron, etc., qui extrait et utilise des hydroxydes jaunes dans le schiste talqueux (Puy-de-Dôme), des hydroxydes en grains, dans la Creuse et dans la Corrèze, des minerais carbonatés lithoïdes et des hydroxydes oolithiques dans le terrain houiller de l'Aveyron et du Gard;

3° Le groupe, dit des Pyrénées, composé des Pyrénées-Orientales, des Hautes-Pyrénées, des Basses-Pyrénées, de l'Aude, de l'Ariège, de l'Hérault, du Tarn, etc. Ce groupe, un des plus riches de la France, exploite dans les Pyrénées des hydroxydes compacts, des fers spathiques, des oxydes et des hématites rouges, des hématites brunes, des minerais oligistes, la plupart de ces minerais en gîtes abondants d'une grande richesse et d'un traitement facile;

4° Le groupe des Alpes, où l'on rencontre, dans la Haute-Savoie, le fer spathique oligiste et oxydulé; et dans les Basses-Alpes, le Var et les Alpes-Maritimes, des minerais hydroxydés en fragments, reliés par le calcaire;

5° Le groupe, dit du Dauphiné, comprenant les départements de l'Ain, de l'Isère, de la Loire, de la Drôme, de l'Ardèche, qui produit et emploie des minerais hydroxydés oolithiques, des fers carbonatés lithoïdes, des fers carbonatés spathiques, et des minerais oxydés rouges des terrains jurassiques;

6° Le groupe, dit de la Comté, soit, les départements du Doubs, de la Haute-Saône, du Haut-Rhin, du Bas-Rhin, du Jura, etc.; exploitant et employant des hydroxydes en roches et en grains mélangés dans le sable et dans l'argile, en même temps que des hydroxydes oolithiques;

7° Le groupe du Centre, se composant des départements du Cher, de Loir-et-Cher, de l'Indre, de l'Indre-et-Loire, de la Nièvre, de l'Allier, de Saône-et-Loire, de l'Yonne et de la Côte-d'Or, et qui exploite des minerais en grains oolithiques, des hydroxydes amorphes, et des hématites brunes;

8° Le groupe de la Champagne, des Ardennes et de la Moselle, l'un des plus importants comme contrée exploitant et utilisant de nombreux amas de minerais d'alluvion, hydroxydes, oolithes, fer oli-

giste, fer oxydé en grains et en rognons. Ce groupe comprend les départements de la Marne, de la Haute-Marne, de la Meuse, des Vosges, de Meurthe-et-Moselle, de l'Aube et des Ardennes;

9° Le groupe du Nord, représenté par les départements du Nord et du Pas-de-Calais, qui extrait, pour sa consommation, des minerais peroxydés rouges en grains, des hydroxydes en grains, en géodes ou en petites masses amorphes, des hydroxydes carbonatés du terrain calcaire, etc.;

10° Enfin, le groupe de l'Ouest, comprenant les exploitations du Maine, de la Normandie, de la Bretagne, ou autrement les départements de la Mayenne, de la Sarthe, de l'Orne, de l'Eure et du Morbihan. Ce groupe exploitant généralement des hydroxydes en grains irréguliers, et plus particulièrement du fer oxydé et hydroxydé, dans l'Eure et l'Eure-et-Loir, des hydroxydes en amas limoneux et du fer oxydé schisteux, dans les Côtes du Nord, des hématites brunes et rouges du terrain quartzeux, dans le Morbihan.

A titre complémentaire de cette classification, nous relaterons brièvement diverses analyses des minerais les plus usités, notamment dans la fabrication des fontes à moulage, destinées à la deuxième fusion et dans celle des fontes moulées produites de première fusion.

Nous ne nous arrêterons pas à donner des détails étendus, laissant à nos lecteurs le soin d'aller les chercher dans les ouvrages traitant la matière d'une façon plus spéciale, et notamment, dans les *Annales des Mines*, où se trouve la collection la plus complète des recherches analytiques sur les minerais français.

1er *Groupe.* — La mine hématite, concrétionnée, à texture fibreuse couleur bleu-foncé, de Dax (Landes), employée dans les hauts-fourneaux à moulages qui environnent cette ville, contient, d'après une analyse de Rivot :

Peroxyde de fer	70.00
Oxyde de manganèse	1.50
Argile	14.50
Eau et perte	14.00
	100.00

On emploie à l'usine de Ruelle, qui appartient à l'Administration de la marine et qui fabrique des bouches à feu et des projectiles, des minerais, dits de Grosbot, Guillot, Pranzac, Taponat et Montmoreau, qui sont des péroxydes manganèsifères donnant à l'analyse :

65 à 75 de fer
1 à 4 de manganèse

avec parties de chaux, magnésie, alumine, ou silice dans des proportions variables et de peu d'importance d'ailleurs. Les fondeurs attribuent à la présence plus ou moins accentuée du manganèse, la ténacité des fontes de Ruelle, comme du reste celle de diverses usines du Périgord. Ces fontes sont également propres à la fabrication de l'acier et, M. P. Martin, à son usine de Cireuil, a su en tirer bon parti en la traitant par ses procédés.

2e *Groupe.* — Nous citerons quelques analyses de minerais exploités par les usines de Decazeville, et autres, plus particulièrement recherchés par les fonderies.

1° Minerais hydratés de Sainte-Croix, en grains :

Peroxyde de fer	0.64
Alumine	0.10
Argile	0.11
Eau	0.15

Rendement à l'essai, 30 à 32 p. 0/0.

2° Minerais carbonatés de :

	Lasalle.	Cassagnes.	La Serène.
Carbonate de fer	0.68	0.796	0.478
Oxyde de manganèse	0.08	0.096	0.108
Chaux, magnésie, gangue	0.24	0.100	0.121

Rendement à l'essai, 34 à 36 et 36 à 38 p. 0/0.

3° Minerai magnétique de Villefranche :

Protoxyde de fer	26.20
Peroxyde —	58.50
Gangue —	15.30

Rendement à l'essai, 61 p. 0/0, en fonte grise malléable.

4° Minerais employés dans les hauts-fourneaux de la Corrèze, Saint-Thomas, Bort, etc.

Minerai de Faverolles (Corrèze), analyses Rivot et Berthier :

Peroxyde de fer	72.50	76.30
Oxyde de manganèse	»	0.30
Alumine et silice	3.55	»
Acide phosphorique	1.30	1.40
Acide arsénique	0.10	»
Argile et gangue	9.00	9.60

Donne à l'essai, 50 à 55 p. 0/0, fonte blanche, à grains fins.

Minerai hydraté de Bort (Corrèze), tantôt hématite brune, tantôt engagé dans le quartz, rend à l'essai 35 p. 0/0 de fonte blanche.

Minerai de Rey (Corrèze), employé dans les mêmes établissements; oxydé, hydraté, donne à l'essai 48 à 50 p. 0/0.

Minerai de Palmesalade (Gard), carbonaté d'un brun-noir, exploité dans les grès du terrain houiller.

Protoxyde de fer	54.00
Oxyde de manganèse	1.10
Chaux, argile et quartz	8.70
Matières organiques	1.60

Ce dernier est employé dans les nouvelles usines du Gard, exploitées par la Société de Commentry.

3e Groupe. —Minerais manganèsifères de l'Ariège (Analyse des ingénieurs des mines).

	Forêt de Gouaux.		Fréchet.	Riancé.
	A	B	—	—
Peroxyde de fer	0.688	0.510	0.776	0.740 à 0.800
Oxyde de manganèse	0.016	0.006	0.021	0.020 à 0.065
Alumine	0.018	0.010	»	» »
Silice	0.022	0.056	»	» »
Argile	»	»	0.114	0.020 à 0.010
Chaux, quartz	0.020	0.008	»	0.014 à 0.011
Richesse en fer, p. 0/0	47.67	35	56	50 à 68 p. 0/0.

Ces divers minerais ont été traités par la méthode Catalane. Toutefois, il se produit en ce moment un mouvement assez sérieux tendant à relever les exploitations métallurgiques de l'Ariège, pour qu'on soit fondé à penser que ces minerais très riches, et d'une qualité supérieure, ne tarderont pas à être utilisés, désormais, d'une façon plus productive et plus largement industrielle.

Les minerais de la forêt de Gouaux sont des fers limoneux, à croûtes concrétionnées, tendres, de nature spongieuse. L'analyse *A*, est celle d'une variété compacte; l'analyse *B*, celle d'une croûte de formation plus récente.

Le minerai de Fréchet est un hydroxyde très compact et l'un de ceux qui doit présenter le plus de ressources aux fontes de l'Ariège.

Les minerais de Riancé, également hydroxydes compacts, proviennent des mêmes contrées que le précédent. Ils sont plus ou moins chargés d'argile et de chaux carbonatée, mêlée au quartz blanc. Les proportions de manganèse sont notables et atteignent jusqu'à 5 et 6 p. 0/0 dans certaines exploitations.

Des variétés non moins importantes, hématites associées, à des fers

spathiques décomposés et à des hydroxydes se montrent sur les versants français des Pyrénées; elles accusent aux analyses une moyenne de 78 à 80 p. 0/0 de peroxyde de fer, quelques unes, même, donnent presque 85 p. 0/0. Le manganèse varie entre 4 et 5 p. 0/0.

Dans ces gisements et dans ceux de l'Ariège, en général, du Gard et de l'Aude, il faut attendre, à un moment donné, les plus grands et les plus sérieux résultats pour la fabrication de l'acier par les méthodes nouvelles. Déjà, l'on obtient pour cette fabrication et celle des moulages, à l'usine de Bessèges, des fontes d'une ténacité extraordinaire.

Des hématites brunes, de l'Aude et de l'Hérault, donnent aux analyses les chiffres qui suivent :

	Peroxyde de fer.	Oxyde de manganèse.	Argile et quartz.	Alumine.	Chaux.
Hématites brunes, de Palayrac (Aude).	82.20	»	2.20	1.10	0.80
Minerai, dit mine-douce, de la Gargousse (Aude).	82.70	3.60	4.80	»	0.70
Minerai de Leucate et de Treilhat (Aude)	86.89	»	2.00	»	»
Minerai magnétique du Vigan (Hérault).	72.00	»	5.00	6.00	0.90

Ce dernier minerai a donné, aux essais de Berthier, 52 p. 0/0 de fonte douce. Un minerai à gros grains arrondis de Bruniquel (Tarn-et-Garonne), a fourni également, suivant Berthier :

Peroxyde de fer.	61
Alumine	12
Silice	12

4e *Groupe.*—Nous n'aurons à citer dans ce groupe qu'un seul minerai, dont nous retrouvons l'analyse, celui de Saint-Georges-d'Heurtières (Savoie), qui accuse les proportions suivantes :

Protoxyde de fer.	50
Oxyde de manganèse	8
Chaux	2
Magnésie	traces
Argile et quartz	1

Ce minerai à texture écailleuse, veiné de filets quartzeux donne des fontes de bonne qualité particulièrement applicables à la fabrication de l'acier. Ce groupe n'a pas, du reste, que nous sachions, de hauts-fourneaux pouvant nous intéresser.

Essais faits au laboratoire de Marseille.

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6
Carbonate de fer	»	»	»	»	64.60	71.20
Peroxyde de fer	50.00	81.00	51.50	60.00	4.00	»
Alumine	22.50	Trace.	14.00	2.00	»	»
Carbonate de chaux	»	7.80	»	»	4.60	1.80
Argile	15.50	5.00	23. »	29.00	6.70	20.50
Carbonate de magnésie	»	»	»	»	4.80	0.70
Magnésie	»	»	»	»	7.90	»
Richesse en fer	34.70	56.00	35.50	43.40	33.10	33.40

N° 1. — Minerai des *Baux* (Bouches-du-Rhône); en grains empâtés par couches, dans l'argile rouge calcaire de la craie inférieure. C'est le type le plus riche qui ait été essayé en 1839. En 1841, de nouveaux essais ont accusé une richesse en fer, sur des échantillons pris dans les mêmes mines, de 17.90 et 7.90.

N° 2. — Minerai de *Fontainier*, près Marseille, très anciennement exploité, se trouve dans le terrain crétacé. L'échantillon essayé a été pris à la surface.

N° 3. — Minerai de *Fonvielle*, près Marseille; à grains, dans une assez forte proportion de chaux carbonatée lamelleuse. L'aspect se rapproche de celui d'une hématite brune.

N° 4. — Minerai du *Pas-de-Peirny* (Var); pris dans le même terrain que les précédents, en masses compactes, rarement oolithiques.

N° 5. — Minerai de *Saint-Geniez de Drimont* (Basses-Alpes); fer spathique, en partie décomposé à la surface, accompagnant le gisement d'anthracite de Saint-Geniez.

N° 6. — Minerai de *Collobrières* (Var); d'un gris clair, compact et très dur. Il constitue un petit nerf, de faible épaisseur, qui divise la couche de houille, de Collobrières, en deux parties égales.

5e *Groupe*. — Les minerais de ce groupe sont d'une grande importance. Ils ont été l'objet de recherches et d'analyses que nous résumerons aussi brièvement que possible.

Les minerais spathiques du canton d'Allevard (Isère), se classent en minerais carbonatés et mines douces. Ils présentent des variétés que dans le pays on distingue sous les noms de Maillats ou de Rives. Les rives sont les fers carbonatés à petites lames, les *rives-orgueilleux* sont ceux à moyennes lames; les maillats sont ceux à grandes lames. Ces derniers comportent plus de manganèse et de magnésie que les rives-orgueilleux et ceux-ci plus de magnésie et moins de manganèse que les

rives. Les uns et les autres sont d'une grande richesse. Ils donnent des fontes fortes, grises, à gros grains, très bonnes pour la fabrication des moulages et également recherchées pour la fabrication de l'acier. Il y a entre ce que nous appelons le quatrième groupe et le cinquième, de grandes analogies sur certains points. Voici quelques analyses, pour fixer les idées :

1° Carbonates de fer. — Fers spathiques.

Minerai de la Chaume et Saint-André. — Fer spathique jaunâtre, dit maillat, nos 1 et 2.
— de Saint-Louis. — Fer spathique blanc-jaunâtre, dit rives, n° 3.
— de la Grande-Brache. — Fer spathique, brun-clair. — Rives passant au maillat, n° 4.
— de la Grande Taillat. — Fer spathique brun-jaunâtre, rives, n° 5.
— de Montmayen. — Fer spathique, brun-clair, rives-orgueilleux, n° 6.
— de Cabot et Saint-André-Louves. — Fer spathique blanc-jaunâtre, rives-fin, nos 7 et 8.

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6	N° 7	N° 8
Proto-Carbonate de fer . . .	81.77	82.25	86.06	79.20	89.15	84.10	82.76	78.55
Proto-Carbonate de manganèse	1.50	1.92	2.08	3.00	3.74	4.45	5.20	5.57
Carbonate de magnésie. . .	16.73	15.03	11.15	17.10	6.60	9.90	7.75	8.58
Quartz et gangue	»	0.70	0.70	0.70	0.50	1.55	4.00	7.30

2° Mines douces.

Minerai de Bens et Bâle composé. — Maillat décomposé, nos 1 et 2.
— de Fayard. — Rives décomposé, dit maillat-brun, n° 3.
— de Ginat et Rochemaine. — Maillat décomposé, nos 4 et 5.
— de Fosse-Dutrait. — Rives-orgueilleux décomposé, n° 7.
— de Malatrait. — Rives décomposé, n° 6.
— de Tavernes. — Rives décomposé, mélangé en partie avec du fer oligiste nos 8 et 9.
— de Montpellier. — Rives-orgueilleux décomposé, n° 10.
— de Martre et Ravoine. — Rives fin décomposé, nos 11 et 12.
— de Grand-Champ et Fosse-Villard. — Rives décomposé, nos 13 et 14.
— de la Galerie de Tilleray. — Rives décomposé, n° 15.

	N°s 1 & 2	N° 3	N°s 4 & 5	N° 6	N° 7	N°s 8 & 9	N° 10	N°s 11 & 12	N°s 13 & 14	N° 15
Péroxyde de fer.	83.80	85.50	86.25	83.00	76.25	85.18	78.90	83.75	75.70	83.84
Oxyde de manganèse . . .	1.60	1.80	2.85	3.08	2.85	3.42	3.40	3.95	4.00	4.56
Magnésie . . .	0.30	0.30	0.30	0.30	0.40	0.20	1.20	0.80	0.80	0.60
Quartz et gangue	4.00	1.30	1.50	1.70	11.50	0.40	2.50	0.50	1.00	»

Les analyses ci-dessus ont été faites par le service des mines. — Les mêmes minerais, ou analogues, pour les n°s 1 à 7 ont été expérimentés par Berthier et ont donné les résultats qui suivent :

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6	N° 7
Protoxyde de fer	52.00	49.60	79.60	80.00	60.00	52.60	43.00
Oxyde de manganèse . . .	2.50	1.60	3.60	2.20	10.40	1.70	1.00
Chaux	»	»	»	»	5.20	1.00	»
Magnésie	5.50	8.10	1.00	1.40	»	3.60	12.80
Gangue-quartz et silice gélatineux	»	»	4.80	4.40	8.60	»	»

Le n° 1 est un rives d'Allevard, à pyrites cuivreuses, écailleux, de couleur jaune-grisatre.

Le n° 2, un maillat mélé, dit de la *Fosse du Rocher*, à grandes lames de couleur brun-jaunâtre.

Le n° 3, un maillat brun de Fayard ou rives décomposé.

Le n° 4, une mine douce de la fosse Mazet.

Le n° 5, une mine douce dite d'Articole.

Le n° 6, un fer spathique de Vizille, à grandes lames, de couleur blonde passant au violet.

Le n° 7, un minerai de Vizille, filon de la *Grande-Fosse*, lamelleux, de couleur blonde, très chargé de magnésie.

Les principes constitutifs des minerais d'Allevard, ou autres exploitations analogues de l'Isère, sont le proto-carbonate de fer ou l'hydrate de peroxyde de fer, le proto-carbonate de manganèse ou le peroxyde de ce métal et le carbonate de magnésie.

Les fontes sont d'autant plus propres à la fabrication des aciers, qu'elles proviennent de minerais plus manganèsifères; elles sont d'autant plus résistantes et aptes à la fabrication des canons, qu'elles con-

tiennent peu ou pas de manganèse, ne renferment que fort peu de silice et sont très peu carburées.

L'emploi des maillats est à écarter pour la fabrication des fontes aciéreuses, dans laquelle on recherche la plus grande proportion possible de mines douces, rives et rives orgueilleux.

Les mines douces étant des minerais décomposés, par suite, en voie plus ou moins avancée de préparation, sont les plus recherchées. Il faut cependant admettre dans les mélanges, des maillats ou des rives pour obtenir des lits de fusion satisfaisants.

Les maîllats, généralement très réfractaires, donnent des fontes carburées, mais chargées de silice, qui les rendent impropres à la fabrication des canons. Les bons mélanges pour canons, à l'usine de Saint-Gervais, étaient basés sur des proportions dominantes en mines douces maillat, puis en rives-orgueilleux et en mines-douces dites *rives-orgueilleux*.

L'emploi étendu des maillats, qui constituent les filons les plus puissants du canton d'Allevard, exigerait un traitement spécial; jusque là il ne pourrait donner, étant admis exclusivement, que des fontes de commerce auxquelles on ne songerait pas à demander des qualités exceptionnelles de résistance. Les minerais des environs de Privas et de Lavoulte (Ardêche), employés aux usines de l'Horme et de Lavoulte, qui produisent des moulages, ont une grande importance au point de vue de la fonte moulée. Les aperçus que nous allons donner sont empruntés en grande partie à un travail publié dans les *Annales des Mines*, pa, l'ingénieur Gruner.

Le gîte de Lavoulte comprend trois couches qui ne sont, en réalité, que les assises d'un même dépôt, séparé en trois masses différentes, tranchées par des schistes argilo-calcaires de faible épaisseur. La couche intermédiaire comprend le minerai riche qui peut donner 50 à 55 p.0/0 de fer; les autres couches ne dépassant pas, comme rendement métallique, 16 à 20 p.0/0. La moyenne du rendement aux hauts-fourneaux de ces minerais mélangés, ne dépasse pas 35 p. 0/0.

La principale espèce de minerai riche est : l'oxyde rouge ou peroxyde de fer anhydre. Sa richesse peut atteindre 50 p. 0/0.

Une autre espèce de minerai riche, est le minerai agathisé (*Eissen Hiesel* des Allemands). C'est un minerai dur, en masses ondulées, sous forme de roches intercalées dans le minerai oxydé, feuilleté. Il rend 55 à 60 p. 0/0.

Une autre sorte enfin, de minerai, considéré comme riche, est un fer oolithique se confondant avec la couche de minerai pauvre et offrant quelques parties qui donneraient 50 p. 0/0; mais, la moyenne entremélée de schistes marneux, plus ou moins imprégnés de peroxyde et de carbonate de fer, ne fournit pas plus de 25 à 30 p. 0/0.

Les minerais pauvres, empâtés dans l'argile schisteuse durcie par le carbonate de fer, ou fortement imprégnée de fer oxydé, donnent un rendement qui se tient entre 10 et 20 p. 0/0. Nous n'en parlerons pas, nous bornant à relater les résultats d'analyses de M. Gruner, citées pour les minerais riches.

MINERAI ROUGE FEUILLETÉ

—

Peroxyde de fer.	74. »
Argile	16.60
Alumine	2. »
Chaux et manganèse	1.20
Soufre	».30
Acide phosphorique.	».50

—

Fond bien avec 15 p.0/0 de castine et produit 53 p. 0/0 de fonte dure et d'un gris-serré.

MINERAI AGATHISÉ

—

Oxyde de fer . .	77.90
Silice et quartz .	8.20
Chaux et alumine	7.80
Acide carbonique	5.70

—

Fait effervescence avec les acides; ne contient ni soufre, ni manganèse et seulement des traces de phosphore.

Fond, sans addition de castine et produit: 55 p. 0/0 de bonne fonte grise et tenace.

MINERAI OOLITHIQUE

—

N'a pas été analysé. Donne par l'essai, à la voie sèche, sur:

10 grammes		minerai :
1 —		castine.
5 —	97	fonte.
2 —	»	scorie.
2 —	23	perte.

La fonte est tenace, d'un beau grain fin. Il ne se présente pas de traces de soufre ni de phosphore. — Le minerai fait légèrement effervescence bien que la gangue soit argileuse.

Les minerais de Privas, comme ceux de Lavoulte, peuvent être classés en minerais riches et en minerais pauvres. Le minerai riche comprend l'oxyde rouge feuilleté et la variété dite agathisée. Ces deux espèces sont sensiblement semblables à celle de Lavoulte. Les minerais pauvres sont des calcaires bitumineux intercalés de fer oxydé rouge. Ils rendent 10 à 20 0/0 de fer et peuvent servir de castine aux minerais riches. Leur mélange avec ceux-ci donne un produit moyen plus avantageux qu'à Lavoulte, en ce sens que, les minerais portent leur castine.

Nous ne donnons que les analyses de minerais riches :

	Minerai agathisé.	Minerai oxydé feuilleté.	Minerai oxydé rouge compact.
Peroxyde de fer	83.90	60.20	»
Oxyde de fer.	»	»	68. »
Alumine	».80	»	5. »
Carbonate de chaux	7.40	29.60	7. »
Argile	4. »	7. »	11. »
Silice et quartz	2.50	»	»
	Fond sans addition de castine; fournit 60 p. 0/0 de fonte grise graphiteuse.	Fond avec 30 p. 0/0 de castine; fournit 42 p. 0/0 de fonte grise graphiteuse.	Fond sans addition de castine; donne 48 p. 0/0 de fonte truitée.

D'autres minerais des environs de Privas et du bassin de la Loire, essayés au Laboratoire de l'Ecole des Mines, ont donné les résultats qui suivent :

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6	N° 7	N° 8	N° 9
Poids du minerai calciné ou grillé . . .	87.40	89.10	100.00	91.40	84.50	89.00	86.40	92.00	84.00
Poids du fondant castine	15.00	20.00	30.00	35.00	15.00	»	»	»	»
Poids du fondant argile.	»	»	»	»	»	20.00	30.00	40.00	15.00
Rendement en fonte .	51.00	41.00	44.00	29.00	46.00	50.00	43.00	41.00	48.00
— en scories.	22.30	30.00	55.30	69.50	28.50	»	42.50	55.60	21.70

Le n° 1 est un minerai hydraté, argileux de la Loire, employé aux usines de Terre-Noire;

Le n° 2, un minerai hydraté, également employé aux fourneaux de l'Horme;

Les n°s 3 et 4 sont des minerais de *Roanne* oxydés, magnétiques ou grès ferrifère.

Les n°s 5 et 6, des minerais compacts des environs de Privas.

Le n° 7, un minerai de *Condrieux*, semblable aux minerais des marais.

Les n°s 8 et 9, des minerais de Latour et de Baen (Bassin de la Loire), employés aux usines de Saint-Chamond; le premier concrétionné, hydraté quartzeux, le deuxième concrétionné, argileux hydraté.

6e *Groupe.* — Les peroxydes de fer hydraté, dominent dans cette partie de la France, où ils se montrent en gisements abondants, exploités par les usines de la Haute-Saône, du Doubs, du Jura, etc.

Nous relatons les analyses des minerais qui sont plus particulièrement utilisés dans les hauts-fourneaux en fontes à moulages et en marchandises.

Donnons d'abord les résultats d'analyses faites au Laboratoire de Vesoul, par le service des mines depuis 1840 et années suivantes :

PREMIÈRE SÉRIE.

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6	N° 7	N° 8
Peroxyde de fer	31.00	37.00	40.00	65.00	17.80	30.60	48.80	46.00
Oxyde de manganèse. . . .	1.40	1.40	1.50	5.00	1.40	1.00	1.40	2.60
Carbonate de chaux	34.64	9.40	1.08	1.38	2.00	38.40	23.20	38.00
— de magnésie. . .	0.60	0.18	0.20	trace.	»	0.80	0.60	»
Acide phosphorique	0.20	0.22	0.26	»	»	0.34	0.22	»
Alumine soluble.	2.00	1.00	0.80	0.80	5.00	0.80	7.38	0.80
Argile, silice, etc.	20.00	37.20	34.00	1.40	69.00	16.00	12.00	8.00
Richesse métallique, p. 0/0.	21.00	26.00	28.00	45.00	12.00	21.00	31.00	31.00

N° 1. — Minerai de *Marmevofles* (Doubs); fer hydroxydé en oolithes miliaires réunies par l'argile rouge calcaire, ne rend que 20 p. 0/0 par la fusion en grand. Est employé particulièrement dans les usines à moulage, donnant des fers de qualité inférieure, en raison du phosphore qu'il contient :

N° 2. — Minerai de *Villemenfray* (Haute-Saône); oolithe, miliaire de fer hydroxydé, disséminé dans une marne durcie de couleur brune. On le traite au haut-fourneau de Ronchamp, où il rend en grand 24 p. 0/0.

N° 3. — Même minerai boccardé et préparé avec plus de soin que le précédent, rendant au fourneau 25 à 26 p. 0/0.

N° 4. — Minerai riche de *Saulnot* (Haute-Saône); oligiste compact en amas ou filons dans un porphyre du terrain de transition. Ce minerai, considéré comme d'excellente qualité, rend 42 à 43 p. 0/0 à la pratique et est employé par les fourneaux de Ronchamp, de Fallon et de Saint-Georges.

N° 5. — Même minerai, dit *pauvre*; séparant le précédent de la masse porphyrique qui le renferme; ne rend que 11 p. 0/0 et n'est employé qu'à titre de mélange.

N° 6. — Minerai oolithique de même nature que le n° 1; donne des fontes cassantes et de mauvaise qualité.

N° 7. — Minerai de *Novay*, semblable au précédent; donne des fontes médiocres.

N° 8. — Minerai de *Septfontaines*, hydraté, pisiforme; appartenant au terrain de grès vert. Entre dans la consommation des hauts-fourneaux de Seveux.

DEUXIÈME SÉRIE

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Peroxyde de fer	48.00	41.20	57.60	39.00	47.40
Oxyde rouge de manganèse	0.40	1.20	0.80	1.40	1.40
Chrôme	traces.	traces.	traces.	traces.	traces.
Chaux	2.80	»	»	1.16	1.40
Magnésie	traces.	traces.	traces.	».40	».40
Alumine	2.20	9.80	10.40	7.80	1.60
Silice et quartz	38.40	35.80	15.80	18.80	9.20
Richesse en fer métallique	33.00	28.00	39.00	27.00	32.00

N° 1. — Minerai en roche de *Saulnot*, arrondissement de Lure (Haute-Saône); fer oligiste compact avec veines, mêlées de chaux carbonatée spathique. Ce minerai a été employé par diverses usines de la Haute-Saône, entre autres, les fourneaux de Saint-Georges, le Magny, Audincourt, etc. En partie épuisé et ne laissant plus que des gîtes plus ou moins exploitables, les usines de la localité et, entre autres, le haut-fourneau de Fallon, l'admettent encore dans la composition de leurs lits de fusion, comme mélange siliceux en opposition à l'alumine, que contiennent en grande quantité certains autres minerais.

N° 2. — Minerai pisiforme des *Aubrys*, arrondissement de Vesoul; à grains tuberculeux mal arrondis, dans une poussière brune ou jaunâtre.

N° 3. — Variété du précédent; renferme, comme celui-ci, un peu de phosphore et d'arsenic.

N° 4. — Minerai hydroxydé oolithique en roche de *Bournez*; arrondissement de Beaume-les-Dames (Doubs); en grains très fins empâtés dans une masse d'un blanc rougeâtre.

N° 5.— Minerais oolithiques en roche de *Beaume-les-Dames*, pareils au précédent; ces minerais renferment du phosphore et de l'arsenic, à

éviter pour la fabrication du fer, mais au contraire à rechercher pour les fontes de moulage. Ils sont employés avec succès au fourneau en moulages de Fallon.

TROISIÈME SÉRIE

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4
Protoxyde de fer	39.40	56.00	53.80	56.20
Oxyde rouge de manganèse	0.60	0.20	nul.	0.20
Acide phosphorique	nul.	nul.	traces.	traces.
Acide arsénique	nul.	nul.	nul.	traces.
Oxyde vert de chrôme	traces.	0.20	traces.	traces.
Chaux	2.80	0.60	nulle.	traces.
Alumine	8.00	8.00	14.50	10.40
Silice et quartz	37.00	37.00	18.20	15.00
Richesse en fer métallique	27.00	39.00	37.00	40.00

N° 1. — Minerai de *Devis*, arrondissement de Gray (Haute-Saône); en petits arrondis réunis à des fragments tuberculeux dans une poussière ocreuse, donnant un mètre cube de mine lavée par trois mètres cubes de minerai brut.

N° 2. — Minerai de *la Chapellotte*, même contrée que ci-dessus; employé, comme le précédent et les deux suivants, aux fourneaux de Bley, en grains et en tubercules, mêlés à des fragments de calcaire anguleux, sans coquilles. Donne au lavage à peu près le même rendement que le précédent.

Ces deux minerais sont de ceux qui concourent à produire les types de fontes appelés, dans le commerce, *fonte de Comté*, très estimés pour le moulage en première et en deuxième fusion.

N° 3. — Minerai de *la Vaivre*, arrondissement de Vesoul; en petits grains blanchâtres réunis par une argile de même couleur, non calcaire, traité avec des minerais siliceux, parce qu'il renferme beaucoup d'alumine. Il donne des fontes de bonne qualité pour l'affinage.

N° 4. — Minerai de *Champ-Marchal*, même contrée; en petits grains caverneux formés dans les mêmes conditions, et de même caractère que le précédent. Toutefois, ce minerai comporte une faible proportion de calcaire compact, en petits fragments. Comme le minerai de la Vaivre, il entre utilement dans des mélanges avec les minerais siliceux.

QUATRIÈME SÉRIE

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6
Peroxyde de fer	32.00	72.00	42.40	41.00	51.60	47.60
Oxyde de manganèse	5.20	2.80	4.80	1.00	»	2.00
Chaux	»	»	»	18.60	»	2.40
Argile	49.40	6.40	35.40	»	12.00	14.40
Alumine	1.00	1.60	2.00	2.00	5.40	4.80
Magnésie	»	»	»	1.40	»	3.60
Silice	»	»	»	9.80	18.00	9.20
Oxyde de chrôme	traces.	»	traces.	»	»	»
Acide phosphorique	»	0.20	»	»	»	»
Richesse en fer métallique	22.00	50.00	29.00	28.00	35.80	33.00

N° 1. — Minerai de *Frétigny* (Haute-Saône) ; en gros grains irréguliers, très friables, à poussière brune. En raison de son peu de richesse, ce minerai n'est employé qu'à titre accessoire dans les mélanges, avec des minerais riches à gangue calcaire.

N° 2. — Minerai de *Chemilly* (Haute-Saône) ; même gisement que le précédent, en plaquettes irrégulières ou en noyau argilo-sableux, poussière d'un jaune brun. Employé au haut-fourneau de Conflandes pour fontes de moulage ou fontes de deuxième qualité destinées aux forges.

N° 3. — Minerai de *Valesme* (Haute-Saône) ; en grains irréguliers, de grosseurs variables, très friables. Employé en mélanges.

N° 4. Minerai en roche de *Rougemontot* (Doubs). Au travail du haut-fourneau produit 32 à 35 p. 0/0 de fonte blanche avec 20 0/0 de fondant argileux et 10 0/0 de fondant calcaire.

N° 5. — Minerai de *la Bretonnière* (Doubs) ; en poussière d'un jaune brun. Donne au haut-fourneau 30 à 32 p. 0/0 fonte de médiocre qualité, avec 28 p. 0/0 de castine.

N° 6. — Minerai en petits grains irréguliers des bords de la Saône, *La Chapelle, Le Pernot* etc. Produit 28 p. 0/0 avec charge de 20 p. 0/0 de castine et donne une fonte très grise, d'excellente qualité.

Ces trois derniers minerais entrent, à proportions diverses, dans les lits de fusion des hauts-fourneaux de Larians et de Loulans, lesquels produisent des fontes de moulage et de la poterie estimés.

CINQUIÈME SÉRIE

	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5
Peroxyde de fer	57.90	31.50	48.00	34.00	46.30
Protoxyde de fer	»	»	0.88	0.80	»
Oxyde de manganèse	»	2.90	»	»	9.10
Alumine	12.50	2.00	»	»	»
Silice	»	0.25	3.00	4.00	»
Argile	10.60	»	7.80	22.40	»
Quartz ou sable	»	53.60	»	»	1.40
Chaux	»	»	29.40	29.00	»
Magnésie	»	»	»	»	4.50

N° 1. — Minerai de *Dôle* (Jura) ; à très petits grains rougeâtres, arrondis, disséminés dans l'argile rouge. Ce minerai est employé pour aider la fusion, plutôt que comme élément productif. Il donne une fonte grise, douce, un peu malléable.

N° 2. — Minerai de *Schwabweiler* (Bas-Rhin) ; en grains irréguliers de couleur brune, plus ou moins foncée. Accuse, aux analyses, des proportions variables de manganèse. Est employé dans les hauts-fourneaux de Niéderbronn.

N° 3. — Minerai de *Métabief* (Jura) ; exploité par les hauts-fourneaux de Pontarlier. Fer hydraté en petits grains oblongs d'un brun luisant, déposés dans le calcaire marneux.

N° 4. — Minerai de *Boucherans* (Jura) ; le même que le précédent. Employé par le haut-fourneau de *Montène*.

N° 5. — Fer spathique de *Bendorf* (rive droite du Rhin) ; à grandes lames d'un jaune clair, mélé de quartz blanc. Fournit des fontes blanches lamelleuses d'une qualité particulière pour la fabrication de l'acier.

7° *Groupe.* — Nous empruntons aux travaux du Laboratoire de Dijon la plus grande partie des analyses de ce groupe, et nous continuons à donner les résultats de ces analyses par séries de tableaux, avec détails explicatifs à la suite :

PREMIÈRE SÉRIE

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6	N° 7	N° 8	N° 9
Peroxyde de fer. . . .	28.00	35.00	33.00	38.70	48.20	45.80	60.80	42.20	54.00
Oxyde de manganèse .	traces	traces	5.00	1.50	1.40	3.20	3.40	»	»
Acide phosphorique. .	0.30	traces	traces	traces	»	»	»	0.45	»
Alumine.	1.10	2.80	3.20	2.80	1.00	3.60	6.00	»	3.25
Carbonate de chaux. .	57.10	25.40	»	»	13.60	»	»	36.10	4.00
Argile.	11.10	30.60	43.00	42.60	»	30.60	24.00	7.18	1.10
Carbonate de magnésie	»	»	»	»	6.40	»	»	3.30	3.00
Sable granique, etc. .	»	»	»	»	14.80	»	»	»	23.60
Richesse de fer. . . .	19.40	24.26	23.00	26.80	33.40	31.20	42.15	26.00	39.00

N° 1. — Minerai de *Villerot* (Côte-d'Or); en roche, à pâte ferrugineuse, compacte, enclavant des rudiments d'oolithes miliaires et de nombreux fragments de fossiles.

N° 2. — Même minerai, pris dans sa partie moyenne. Composé de poussières et de grains aussi fins que de la poudre de chasse.

N° 3. — Minerai de *Thomirey*. En grains irréguliers, de couleur brune, mélangés de fragments argilo-ferreux attirables à l'aimant.

N° 4. — Minerai de *Chanceley* ; même gisement que le précédent. En grains plus aplatis et de couleur moins foncée. Les minerais de Thomirey et de Chanceley sont employés à l'usine de La Canche, mélangés avec moitié de leur poids de minerais de Villerot n°s 1 et 2.

N° 5. — Minerai d'*Aisy* ; hydroxydé, en croûtes de couleur jaunâtre, veinées de brun et criblées de petites cavités géodiques, il empâte des cristaux de quartz et de feldspath. Revient à 5 fr. le mètre cube à l'usine de *Maison-Neuve* où il est employé, en mélange, avec les minerais siliceux et alumineux de *Thostes*.

N° 6. — Minerais de *Montlay*, *Juilleray* et autres, de l'arrondissement de Semur ; fer hydroxydé en plaquettes argilo-ferrugineuses superposées à un petit banc marneux dans lequel sont disséminés des rognons et des géodes de même nature que les plaquettes. Ces minerais alimentaient au XVe siècle, un *flussofen* dont on retrouve les ruines au pied du château de Lamotte-Tonnant. Ils produisaient d'excellentes fontes

grises dont les débris, retrouvés et essayés, ont donné du fer d'excellente qualité.

N° 7. — Minerai en terre de *Thostes* ; argile imprégnée de fer oligiste d'un rouge foncé à reflets métalliques et mêlée à des rognons de fer compacts et à des géodes tapissées de cristaux rhomboïdriques aplatis. On obtient, au fourneau de Maison-Neuve, une bonne fonte de forge avec un lit de fusion composé de 150 kilog. de minerai d'Aisy, 120 kilog. de minerai de Thostes et 30 kilog. de castine.

N° 8. — Lumachelle de *Beauregard*. Ces minerais sont empâtés dans des débris de coquilles passées à l'état de fer oligiste et dont la structure cristalline est d'un gris brillant. Ils sont exploités par la Société de Châtillon et Commentry pour son usine de Maison-Neuve.

L'extraction se fait sur la base d'un prix de revient de 5 fr. environ par tonne, décomposé comme suit :

Abattage	2 fr.	80	
Roulage en galerie	0	32	
Transport à l'usine	0	80	(à 7 ou 8 kilomètres).
Déchargement	0	10	
Outillage, frais généraux et faux-frais divers	0	98	
	5 fr.	00	

Les minerais de Thostes et de Beauregard, employés sur les bases de :

Thostes	110 kilog.
Beauregard	220 —

produisent 100 kilog de fonte, légèrement phosphoreuse, soit un rendement de 33 p. 100 environ.

Les frais d'extraction et de transport à l'usine coûtent pour le minerai de Thostes, à peu près le même prix, soit 5 fr., que pour le minerai de Beauregard.

N° 9. — Minerai de *Vougeot*; en grains très petits, bien arrondis et de couleur brune.

Tous ces minerais sont employés dans la Côte d'Or.

On peut y ajouter le minerai de Châtillon, à grains bruns, retenant de petits grains magnétiques. Ce minerai rend à l'essai au feu, environ 60 p. 0/0 de fer métallique. Il comporte suivant une analyse de Berthier :

Protoxyde de fer	15.30
Peroxyde de fer	67.30
Alumine	7.00
Silice	2.00
Argile	2.00

Analyses de Berthier et Rivot de divers minerais exploités et employés par les usines de la Nièvre et du Cher :

DEUXIÈME SÉRIE

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6	N° 7	N° 8	N° 9	N° 10
Peroxyde de fer.	48.50	57.50	46.40	50.00	55.00	43.40	29.00	60.50	63.00	62.00
Oxyde de manganèse. . . .	»	»	»	»	»	15.00	»	»	»	»
Chaux.	»	1.10	»	»	»	»	36.00	10.00	9.00	7.00
Alumine. . . .	3.25	2.60	7.60	»	3.25	3.20	»	»	»	»
Argile.	»	»	»	42.50	»	»	21.00	15.00	16.00	20.00
Silice	1.50	1.40	36.80	»	1.10	23.00	»	»	»	»
Quartz en sable .	35.00	18.90	»	»	23.60	»	»	»	»	»
Richesse en fer.	36.50	38.60	34.00	37.00	38.00	33.00	17.00	41.50	44.00	43.00

N° 1. — Mine de *Cosne* (Nièvre) ; en grains irréguliers de forme arrondie, de couleur brun-jaunâtre.

N° 2. — Minerai de *La Chapelle* (Nièvre) ; en grains assez gros, irréguliers, d'un brun-jaunâtre.

N° 3. — Minerai *des Bruères* (Nièvre) ; grains amorphes, d'un jaune-brun. Désigné comme mine chaude, donnant des fontes grises, tenaces, de bonne qualité.

N° 4. — Minerai de *Vandenesse* (Nièvre) ; compact, à cassure luisante, à géodes tapissées de cristaux de quartz-hialin. Ce minerai donne des fontes d'une qualité recherchée.

N° 5. — Minerai de *Dun-le-Roi* (Cher) ; petits grains ronds, empâtés dans une argile ferrugineuse presque aussi riche que les grains.

N° 6. — Minerai de *La Raquinerie* (Cher) ; en grains un peu gris, d'un brun foncé.

Nos 7 et 8. — Minerais de *Chanteloup* (Cher) ; en grains d'un jaune brun.

Nos 9 et 10. — Minerais de *Saint-Florent* (Cher); hydroxydés, en grains agglutinés. Le n° 9 appartient à l'exploitation dite de *Fonds*. Le n° 10 à la mine dite des *Baguettes*. Ces deux analyses ont été faites au Laboratoire de l'Ecole des Mines avec les minerais du Berry et les minerais de l'Algérie dont nous parlerons plus loin.

Berthier donne encore des analyses de divers minerais que nous résumerons dans une troisième série :

TROISIÈME SÉRIE

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6
Peroxyde de fer	52.00	45.20	72.50	80.20	63.70	23.00
Oxyde de manganèse	1.00	0.60	»	»	0.70	»
Magnésie	0.75	12.20	3.10	2.20	»	»
Chaux	2.25	»	traces	0.60	»	2.50
Quartz	»	»	9.00	2.25	»	»
Soufre	»	»	0.35	0.45		
Alumine et silice	3.25	»	»	»	9.50	4.60
Acide phosphorique	1.50	»	»	»	3.00	»
Arsenic	0.15	»	»	»	»	
Argile	3.00	»	»	»	»	58.05
Rendement en fer p. 0/0	39	33	50	55	44	16

N° 1. — Minerai de *Bezenet* (Allier) ; carbonaté compact, lithoïde, en rognons, d'un brun foncé, presque noir. Ce minerai riche, exploité dans les schistes bitumineux ne peut être employé que pour les fontes de moulage, en raison de l'acide phosphorique qu'il renferme.

N° 2. — Fer spathique d'*Autun* (Saône-et-Loire) ; à grandes lames, de couleur blonde.

N°s 3 et 4. — Minerais hydroxydés de Saône-et-Loire ; concrétionnés en globules caverneux. Ces minerais sont sulfureux et ne peuvent être appliqués utilement, au travail des hauts-fourneaux, sans avoir passé par le grillage. Le n° 9 est en fragments, avec poussière rougeâtre, irisée. Le n° 4, en roche d'un jaune-brun, à gangue quartzeuse.

N° 5. — Minerai du *Buisson-Collot* (Yonne) ; en grains très fins, dits *graine de lin*. Donnant du fer cassant.

N° 6. — Minerai ocreux de *Saint-Georges* (Cher); en couches minces dans l'argile plastique, à grains fins de couleur jaune.

Dans les mêmes groupes nous trouvons :

Les minerais de *Saint-Charles* et de *Mazenay*, exploités par les usines du Creusot. La couche de ces minerais a $0^m,70$ d'épaisseur environ. Elle est exploitée par une galerie de $1^m,50$ de largeur sur une hauteur à peu près égale. Ils ont des analogies avec le minerai dit *Lumachelle de Beauregard*, dont nous avons parlé plus haut. L'exploitation est prise

entre les marnes feuilletées qui occupent la base de la galerie et le dépôt de calcaire à griphées arquées, très compactes qui la recouvre.

La roche ferrugineuse est dure, et doit, en certains points, être détachée par la mine. Sa densité est de 1,800 kilog. par mètre cube. Un mineur extrait par jour, environ un mètre cube qu'il charge lui-même sur les wagonnets de service dans la galerie de roulage. Le minerai revient à environ 6 fr. la tonne rendue à pied-d'œuvre.

Savoir :

Extraction payée au marchandage	3 fr.	70
Roulage en galerie	0	32
Déchargement, cassage et faux-frais	0	40
Transport, 30 kilomètres à 0.04	1	20
Frais généraux, amortissement du matériel, entretien, etc.	0	38
TOTAL	6 fr.	00

Le minerai de *Mazenay* donne les résultats qui suivent :

Peroxyde de fer	39.40
Silice	21.15
Alumine	2.87
Chaux	14.00

Rendement en fer métallique 29 p. 0/0. Au haut-fourneau, ce minerai peut donner 25 à 26 p. 0/0. Il n'est, du reste, pas traité seul, les hauts-fourneaux du Creusot l'employant concurremment avec d'autres minerais plus riches.

8e *Groupe*. — Les études faites sur les minerais de ce groupe, l'un des plus importants, par le nombre et le mérite de ses exploitations métallurgiques, notamment au point de vue de la production des fontes moulées, vont nous permettre de donner des indications plus complètes et plus classées que celles qu'il nous a été donné de recueillir sur d'autres groupes, jusqu'à présent moins exploités ou moins étudiés.

Les renseignements qui suivent, sont réunis, le plus possible, par séries de minerais appartenant à des usines ou à des ensembles d'usines faisant partie d'une même contrée.

Minerais hydroxydés des arrondissements de Bar-le-Duc et de Commercy, alimentant une partie des hauts-fourneaux de la Meuse et de la Haute-Marne.

PREMIÈRE SÉRIE

Essais de l'ingénieur Sauvage au Laboratoire de Mézière

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6	N° 7	N° 8	N° 9
Peroxyde de fer. . . .	64.20	63.03	55.68	61.54	38.30	55.20	53.50	57.20	38.18
Protoxyde de fer . . .	»	1.00	»	»	»	»	»	»	3.00
Oxyde de manganèse .	traces	2.66	5.00	2.33	1.30	0.80	traces	traces	0.50
Alumine libre.	5.00	3.66	3.00	2.00	3.20	4.00	7.60	6.70	2.33
Silice gélatineux . . .	»	4.00	1.00	»	»	»	3.60	2.60	2.23
Argile et sable. silice .	12.00	9.33	17.33	20.00	42.00	25.00	»	13.60	1.66
Argile et sable. alum..	traces	0.66	3.66	13.30		»	22.20	4.50	
Chaux.	1.00	»	»	»	1.20	1.00	»	0.02	»
Eau et acide carbonique	17.80	15.66	14.33	13.80	1.20	14.00	13.30	15.40	11.00
Richesse métallique. .	44.80	43.70	38.60	42.60	26.50	38.17	37.10	39.66	26.40

L'alumine, qualifiée alumine libre, a été obtenue en traitant directement le minerai par la potasse bouillante. La silice gélatineuse provient du traitement par la lessive alcaline du résidu que laisse l'acide hydrochlorique. Les minerais, ayant abandonné de la silice gélatineuse, contiennent une certaine quantité de protoxyde de fer qui n'a pu être dosée que d'une manière incertaine, quand le minerai contenait de l'oxyde de fer. Cette silice, et le protoxyde de fer, dénotent la présence de grains, d'hydrosilicate de fer, qui ne sont pas tous magnétiques et diffèrent du minerai mis à l'essai. Tous les minerais essayés ont accusé une petite quantité de matière organique colorante, jaune ou brune, qui communique sa teinte au sable resté dans l'acide hydrochlorique après la dissolution des oxydes.

N° 1. — Minerai de *Tréveray;* poussière d'un rouge brun non magnétique, renfermant un peu de carbonate de chaux, provenant de la roche encaissante.

N° 2. — Minerai de *Ribeaucourt*, dit *Mine chaude;* poussière jaune renfermant quelques grains de couleur brune foncée, attirables à l'aimant. Fond avec 8 p. 0/0 de carbonate de chaux.

N° 3. — Minerai de *Ribeaucourt*, dit *Mine froide;* moins riche que la mine chaude. Contient, comme celle-ci, quelques grains magnétiques; fond avec 12 p. 0/0 de carbonate de chaux.

N° 4. — Minerai de *Biencourt*; n'est pas magnétique et contient moins d'alumine que les précédents. Mélangé avec eux, il en aug-

mente la fusibilité; seul, il fond avec 18 p. 0/0 de carbonate de chaux.

N° 5. — Minerai de *Becquigneux;* pauvre et ne pouvant être employé qu'à faible proportion avec les minerais les plus alumineux. Le sable et l'argile qu'il contient exigent, pour la fusion, jusqu'à 52 à 30 p. 0/0 de carbonate de chaux.

N° 6. — Minerai d'*Hévillers;* ressemble beaucoup à la mine froide de Ribeaucourt et son emploi est sensiblement le même au haut-fourneau.

N° 7. — Minerai de *Feuchères;* semblable au précédent, plus alumineux, un peu moins riche. On l'emploie mélangé, notamment avec le minerai de Biencourt; il fond avec 15 p. 0/0 de carbonate de chaux.

N° 8. — Minerai de *Ligny;* analogue au précédent. Quoique très-alumineux, il fond avec 12 p. 0/0 de carbonate de chaux.

N° 9. — Minerai de *Bure;* tout à fait semblable à celui de Becquigneux. Son peu de richesse n'en rend l'application possible que pour les usines qui sont rapprochées de ses exploitations.

Les minerais de *Saint-Joire* et du *Haut-Mansard*, avoisinant les minerais de Ligny, d'Hévillers et de Biencourt sont de même nature que les précédents. Ils accusent: le premier, 39,20 p. 0/0 de fonte grise, obtenue avec 15 p. 0/0 de carbonate de chaux; le second, 34 p. 0/0 de fonte grise, obtenue avec 25 p. 0/0 de carbonate de chaux.

Les divers minerais ci-dessus, sont encaissés dans les dépressions calcaires jurassiques de l'étage supérieur. Les dépôts sont exploités à ciel ouvert et atteignent rarement 10 à 12 mètres de profondeur. Ils se présentent en grains, en fragments compacts et en géodes ; généralement terreux, ils doivent être nettoyés au patouillet ou au boccard. Le lavage simple ou à la main est rarement usité, la gangue ayant assez de liant pour ne pas pouvoir être débourbée autrement que par moyens mécaniques; tous contiennent une petite quantité d'acide phosphorique; aussi ne donnent-ils pas le fer de première qualité qu'on appelle *fer fort* ou *fer de roche;* mais, si le fer produit est reconnu médiocre, les fontes de moulage sont d'excellente qualité, très-grises et très-douces, se prêtant parfaitement à la fabrication des objets d'ornement, de la vaisselle, etc. On peut en juger par les produits des usines de Tusey, de Dammemarie, de Montiers-sur-Saulx, de Cousances et autres.

Les minerais de *Tréveray*, de *Saint-Joire* et d'*Hévillers*, mélangés en proportions égales, donnent 26 à 28 p. 0/0 au haut-fourneau de fonte truitée, aigre et cassante. Ils se réduisent bien, avec 12 à 13 p. 0/0 de castine.

Le minerai de Biencourt, brûlé seul, produit environ 32 p. 0/0 de fonte grise et tenace avec 16 p. 0/0 de castine. Le minerai du Haut-Mansard, trop argileux pour être passé seul au fourneau, et plus réfractaire que

les autres, est employé par addition et en petite quantité. On a reconnu qu'il donnait 18 à 20 p. 0/0 de fonte grise graphiteuse.

Le minerai de Tréveray, fondu seul, n'a pu donner de fonte grise, même à faible charge.

C'est à la suite de longues expériences et en admettant dans certaines usines quelques minerais de la Haute-Marne, que l'on est parvenu à obtenir des lits de fusion absolument convenables pour fournir la fonte grise et douce, nécessaire à la fabrication des moulages.

Le haut-fourneau de Tusey avec un mélange de :

33 p. 0/0 de minerais de Tréveray, Saint-Joire et Hévillers ;
67 — de minerais de Biencourt ;
16.5 — de castine (oolithe calcaire);

ou encore avec un mélange de :

20 p. 0/0, mine chaude de Ribeaucourt ;
10 — mine froide —
40 — minerai de Biencourt ;
30 — minerai de Tréveray;

a pu produire des fontes de bonne qualité, grises, à grains fins, d'une tenacité remarquable. En bonne marche, ces mélanges rendent 36 à 38 p. 0/0.

Au haut-fourneau, au charbon de bois, de l'abbaye d'Évaux, entre Gondrecourt et Ligny (Meuse), avec une charge de :

40 p. 0/0, minerai de Hévillez ;
30 — — de Biencourt ;
20 — — de Tréveray ;
10 — — du Haut-Mansard ;
16 — fondant calcaire.

On obtenait 35 à 36 p. 0/0 de fonte grise, de bonne qualité, mais moins tenace et moins pure que celle produite à Tusey.

Les laitiers provenant de ces diverses combinaisons sont en général très-chargés d'alumine.

Au fourneau de Dammemarie, on employait, à partir de 1842, un mélang dans les proportions suivantes :

Minerai de Ligny	40	p. 0/0	ou environ	140	kilog.	50	par charge.
— de Fouchères	10	—	—	35	—	00	—
— d'Écurey.	50	—	—	172	—	50	—
Castine	18	—	—	16	—	00	—

Ce mélange, en marche au charbon de bois et à l'air chauffé à 280 ou 300°, donnait une fonte grise, douce, fine, qui a fait la réputation de l'usine de Dammemarie.

Une charge de 8 hectolitres de charbon de bois, autrement, de 175 kilog. portait les quantités de minerais ci-dessus et dépensait 152 kilog. de combustible pour 100 kilog. de fonte produite.

DEUXIÈME SÉRIE

Minerais hydroxydés terreux employés dans les hauts-fourneaux des environs de Saint-Dizier.

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6	N° 7	N° 8	N° 9	N° 10
Peroxyde de fer.	66.00	63.00	67.00	68.00	62.15	60.00	58.20	69.00	63.50	63.80
Oxyde de manganèse. . . .	4.00	1.40	2.00	2.80	0.75	»	»	»	»	»
Carbonate de chaux	0.70	2.00	3.42	5.20	»	5.10	»	»	»	»
Acide phosphorique	0.20	0.34	0.11	0.22	1.20	»	»	»	»	»
Alumine soluble	4.00	3.40	1.80	0.16	3.75	5.20	2.80	7.00	11.10	1.20
Silice et quartz.	»	»	»	»	»	12.50	24.00	7.20	9.40	3.20
Argile.	7.60	12.80	8.60	0.66	14.66	»	»	»	»	»
Magnésie . . .	»	»	»	»	0.80	»	»	»	»	»
Eau et oxygène.	16.50	16.40	15.78	14.80	17.71	16.40	15.00	16.00	16.00	14.40
Perte	1.00	0.66	1.27	0.78	0.06	»	»	»	»	15.80
Richesse en fer métallique . .	45.70	43.70	46.00	47.00	43.35	42.00	41.00	»	»	»

N° 1. — Minerai de *Narcy* (Haute-Marne); oolithe miliaire de fer hydroxydé, disséminé dans l'argile, grains aplatis de faibles dimensions, la plupart magnétiques, d'un brun-jaunâtre. Produit au traitement en grand 44 p. 0/0 de fontes truitées-blanches d'un grain serré.

N° 2. — Minerai de *Sommevoire* (Haute-Marne) ; Oolithe miliaire, comme le minerai de Narcy et de même position géologique. On y trouve de nombreux fragments de grandes griphées qui augmentent la dose d'acide phosphorique. Au haut-fourneau de Sommevoire, on emploie ces coquilles comme castine avec addition d'herbue ; le rendement à la fonte est de 42 p. 0/0.

N° 3. Minerai de *Bettancourt* (Haute-Marne); plaquettes géodiques de fer hydroxydé entremêlées de sable et de grès auxquelles elles adhèrent assez énergiquement ; accompagnées d'oolithes miliaires disséminées dans une marne sablonneuse plus ou moins dure. Ce minerai rend 44 p. 0/0 au fourneau.

N° 4. — Minerai de *Chatonrupt* (Haute-Marne); même position géologique et même conformation que le précédent. Rend 45 p. 0/0 dans les hauts-fourneaux de Bussy, du Val-d'Osne et de Joinville, où il est employé.

N° 5. — Minerai de *Cheminon* (Haute-Marne); en grains non compacts, donnant 45 p. 0/0 au haut-fourneau de Cheminon, près Saint-Dizier.

N° 6. — Minerai d'*Eurville* (Haute-Marne); en grains, d'un brun foncé, empâtés dans une argile calcaire ferrugineuse, avec débris de coquilles.

N° 7. — Le même en petits grains amorphes mêlés de sable quartzeux. Ce minerai et le précédent donnent des fontes de bonne qualité et produisent 38 à 40 p. 0/0 dans les hauts-fourneaux des environs de Saint-Dizier.

N° 8. — Minerai de *Mont-Girard*, près Saint-Dizier; en grains de moyenne grosseur, employé au fourneau de Bienville.

N° 9. — Minerai de *Maupas*, près Saint-Dizier; en grains arrondis, faiblement agglomérés entre eux. Employé à la même usine que le précédent. L'alumine qui s'y trouve, à l'état d'hydrate, nécessite l'addition à la castine, d'une certaine proportion de fondant quartzeux ou d'herbue.

N° 10. — Minerai de *Latrécy* (Haute-Marne); en petits grains noirs, arrondis, magnétique après la calcination en vases clos.

TROISIÈME SERIE

Minerais traités dans les hauts-fourneaux du Châtillonnais
Essais par voie sèche au laboratoire de l'École des Mines.

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6	N° 7
10 grammes de minerai cru, donnent	8.06	8.10	8.34	7.70	8.30	7.92	8.20
Fondant fixe ajouté à la chaux	»	»	0.83	»	0.70	»	»
— — au kaolin.	1.40	1.24	2.00	1.80	1.00	2.20	1.50
Résultats: fonte	4.40	4.27	4.63	4.18	4.52	4.25	4.36
— scories	3.28	3.30	4.67	3.68	3.56	4.09	3.50
Oxygène de minerai	1.78	1.77	1.87	1.74	1.92	1.78	1.84

N° 1. — Minerai de *Latrecy* (Haute-Marne), dite *Mine noire*; quelques parties sont sulfureuses. Cette mine doit subir la macération, ou le grillage. Comme elle est moins coûteuse que les minerais de la Côte-d'Or, les usines de la vallée de l'Aube ont intérêt à la rechercher. Elles

l'emploient dans la proportion de 12 à 15 p. 0/0 à l'air froid, 50 à 60 p. 0/0 à l'air chaud.

Nos 2 et 3. — Mêmes minerais de Latrécy, dits *Mine grise* et *Mine rouge*.

N° 4. — Mines grises de *Courban*.

N° 5. — Mines rouges de *Courban*.

N° 6. — Mines grises de *Prusly*.

N° 7. — Mines rouges de *Louesmes*.

Ces divers minerais appartiennent à la partie inférieure du terrain des marnes oxfordiennes. Ils sont formées d'oolithes miliaires disséminées dans des bancs calcaires marneux de 4^m à $4^m,50$ de profondeur qui reposent sur l'assise supérieure du premier étage jurassique. La mine noire est habituellement au centre des blocs de mine grise, laquelle semble être une altération de la mine noire. La mine rouge s'exploite à la surface du sol et doit sa couleur à l'exposition de l'air qui dissout, en partie, l'élément calcaire qu'elle renferme. Ces trois, minerais sont mélangés de petits grains lenticulaires magnétiques et indiquent tous quelques traces de chrôme, d'arsenic et d'acide phosphorique.

QUATRIÈME SÉRIE

Minerais exploités pour l'alimentation des usines des Ardennes.

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6
Peroxyde de fer . . .	46.84	54.80	62.80	76.10	53.60	78.05
Oxyde de manganèse.	1.20	1.00	0.60	»	»	»
Oxyde de chrôme . .	0.20	0.20	0.15	»	»	traces.
Alumine	2.80	2.50	2.50	2.00	»	»
Chaux	traces.	traces.	traces.	»	»	»
Silice ou argile . . .	»	»	»	S. 16.70	A. 34.80	0. 6
Acide phosphorique .	0.60	0.70	0.40	»	»	»
Chlorite, silicate de fer, etc.	23.62	21.00	14.60	»	1.20	»
Quartz	7.84	5.40	3.30	»	»	»
Eau, acide carbonique, etc.	16.80	14.40	15.00	5.20	.40	0.16

Nos 1 et 2. — Minerais de *Trousol*, canton de *Grandpré* (Ardennes).

N° 3. — Minerai de *Grandpré* (Ardennes), même gisement; ces minerais en petits grains irréguliers sont formés essentiellement d'hydrate de peroxyde de fer et de silicate de fer. La chlorite qui en fait partie intégrante, est ainsi composée :

Silice	52
Protoxyde de fer	28
Alumine	7
Magnésie	8
Perte	5

Les minerais de ce gisement alimentent un certain nombre de hauts-fourneaux, en fonte de moulage et en fonte de forge, aux environs de Grandpré. Les fontes de moulage sont de bonne qualité grise; les fers de qualité, dite *métis*.

N° 4. — Minerai de *Saint-Morges* employé par quelques hauts fourneaux des Ardennes; le plus souvent compact, parfois schisteux, d'une couleur brun-foncé, paraît former une couche intercalée entre les couches quartzeuses et schisteuses du terrain ardoisier. Sa richesse métallique est 53 p. 0/0.

N° 5 — Minerai de *Verzy*, près Reims (Marne); en amas irréguliers au sommet d'un amoncellement tertiaire, tantôt en roches, tantôt en grains, ayant l'apparence de matières, à demi-fondues, agglutinées les unes avec les autres. Il contient 38 p. 0/0 de fer métallique.

N° 6. — Minerai de *Gruyères* (Ardennes); en gros fragments géodiques dans les cavités irrégulières de la grande oolithe. C'est le meilleur minerai des Ardennes; mais l'exploitation difficile et coûteuse ne permet de l'employer qu'en trop faibles proportions.

Les minerais 1, 2 et 3 et d'autres minerais des Ardennes, essayés par la voie sèche, ont donné les indications suivantes:

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 7	N° 8	N° 9	
10 grammes, minerai cru, donnent calciné	8.32	8.56	8.50	8.40	8.50	8.46	Nature des fontes de ces essais : blanche cassante.
Fondant, carbonate de chaux	0.73	0.90	0.56	0.56	0.56	0.45	
Résultats, fonte	3.84	4.40	4.82	4.70	4.64	4.66	
— scories	3.77	3.24	2.26	2.42	2.58	2.32	
Oxygène du minerai	1.44	1.82	1.98	1.84	1.84	1.93	

N° 7. — Minerai de *Marcq* (Ardennes).

N° 8. — Minerai de *Sommerance* (Ardennes).

N° 9. — Minerai de *Launois* (id.).

Ce dernier est un hydrate de peroxyde en très-petits grains, comme de la cendrée. Mélangé avec d'autres minerais, il donne des fontes douces pour moulages et du fer cassant, sous la dénomination de *fer métis* et *tendre*.

CINQUIÈME SÉRIE

Minerais employés dans les hauts-fourneaux de la Meurthe et de la Moselle.

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6	N° 7	N° 8	N° 9	N° 10
Protoxyde de fer	»	»	36.20	»	»	»	»	»	»	»
Peroxyde de fer.	63.40	65.00	40.30	68.35	85.00	64.80	47.00	61.00	62.50	56.50
Chaux.	1.80	3.60	5.30	1.65	»	0.75	14.80	1.18	»	18.50
Magnésie . . .	»	»	»	»	»	»	3.20	0.40	»	»
Alumine. . . .	1.10	0.60	2.80	0.75	»	7.50	»	0.15	»	»
Silice	3.00	2.20	6.00	0.60	»	15.00	15.50	19.80	8.20	10.00
Quartz	13.30	9.00	»	»	»	»	»	»	»	»
Argile.	»	»	»	17.60	2.70	»	»	»	14.50	»
Acide phosphorique	0.55	trac.	trac.	1.15	»	»	»	»	»	»
Acide arsénique.	»	»	»	0.55	»	»	»	»	»	»
Eau et acide carbonique . . .	14.65	17.35	2.50	8.90	12.20	17.75	19.50	17.47	13.25	11.00
Richesse en fer métallique . .	»	»	»	»	»	44.89	28.00	40.00	40.00	33.00

N° 1. — Minerai d'*Ars-sur-Moselle*; oolithique, rouge foncé, chargé de débris de coquilles.

N° 2. — Minerai d'*Hayange* (Moselle); à peine aggloméré, se réduisant en poudre sous la pression des doigts, d'un brun-jaunâtre.

N° 3. — Autre minerai d'*Hayange;* oolithique à très-petits grains magnétiques d'un gris-bleuâtre, passant à l'air au gris foncé-verdâtre.

N° 4. — Minerai de *Paffendal* (Moselle); brun foncé, éclat résineux, criblé de cavités tapissées de quartz blancs et terreux.

N° 5. — Hématite de *Longwy* (Moselle); en masses caverneuses teintées de jaune clair et de jaune-brun.

N° 6. — Minerai pisolithique de *Longwy;* en grains, assez bien arrondis, empâtés dans une argile ferrugineuse qu'on sépare au lavage. La cassure de ces grains offre l'aspect d'une formation due à des dépôts successifs, soit une série de zones concentriques autour d'un noyau central qui n'est autre, le plus souvent, qu'un dépôt d'argile ou de sable ferrugineux. Cette disposition est d'ailleurs propre aux minerais pisolithiques en général.

N° 7. — Minerai de Longwy; oolithiqne, dit *de la couche supérieure* rendant au haut-fourneau 28 p. 0/0.

N° 8. — Même minerai siliceux; dit *de la couche supérieure*, rendant au haut-fourneau jusqu'à 40 p. 0/0.

Une certaine quantité d'établissements métallurgiques, à Longwy et environs, emploient ces derniers minerais dont la composition, en général uniforme, assure une marche productive et régulière aux hauts-fourneaux de cette contrée. Toutefois, comme amélioration de la qualité du fer, les usines qui produisent la fonte d'affinage introduisent dans les mélanges des minerais d'Athus (Belgique, voir n° 9), qu'ils se procurent à 10 francs la tonne et qu'ils font entrer à la proportion de 10 à 20 p. 0/0 dans la composition des lits de fusion.

Le rendement des minerais de Longwy, étant en moyenne de 32 p. 0/0, il faut compter sur 3,150 kilog. par tonne de fonte à 2 fr. 70, prix de revient de 1,000 kilog. de minerais, soit 8 fr. 55 par tonne de fonte. — En employant les minerais d'Athus, qui coûtent 100 francs la tonne, le prix de la fonte remonte à 11 fr. 10, si l'on fait entrer dans les mélanges 400 kilog. de ces minerais sur 2,390 kilog. de minerais oolithiques de Longwy.

C'est une augmentation qui serait justifiée par le surcroît de qualité qu'apportent aux produits les minerais d'alluvion d'Athus, légèrement manganèsifères et susceptibles de faire disparaître une certaine quantité de silice apportée par les minerais de Longwy. D'un autre côté, le rendement plus grand des premiers, amène une économie de combustible qui tend à compenser cette augmentation du prix de revient.

Quelques maîtres de forges cherchent à s'affranchir de l'emploi des minerais d'Athus, en consommant le plus possible de minerais du Mont-Saint-Martin, près Longwy (n° 10), qui rendent au fourneau 33 p. 0/0 en moyenne.

En somme, les exploitations qui approvisionnent les hauts-fourneaux des environs de Longwy et d'Hayange, comme celles de la vallée de la Moselle, ont toutes en vue l'extraction économique d'un minerai régulièrement stratifié et d'une recherche facile. Aussi, malgré les différences de prix inévitables, suivant les localités, on peut admettre que la valeur du minerai, par tonne de fonte produite, ne dépasse pas 8 à 10 fr. Avec l'emploi des houilles du bassin de la Sarre, les usines arrivent à produire, dans des conditions de prix de revient tellement basses, qu'elles sont au-dessous de la plus grande partie, sinon de la totalité, de celles que représentent la fabrication française, dans les autres groupes. Les fontes et les fers de cette contrée, sans être d'une qualité supérieure, sont d'une valeur commerciale réelle. Et l'on peut dire que l'annexion à l'Allemagne de ces riches contrées métallurgiques

est venue enlever à la France l'une des meilleures et plus importantes sources de sa production du fer et de la fonte.

Les exploitations françaises, en se reportant vers Nancy, cherchent à atténuer l'effet désastreux produit par l'absorption allemande des usines, aux environs de Metz. A Bouxières, à Maxéville, à Morbache, Pompey, Frouard et Liverdun, sur les deux rives de la Moselle et de la Meurthe, on exploite des minerais qui ne coûtent pas plus de 2 fr. 50 à 2 fr. 80 par tonne et qui produisent 31 à 33 p. 0/0 en moyenne, conditions mettant le revient de la tonne de fonte, en minerais, aux environs de 8 à 9 francs, prix qu'elle coûte avec l'emploi des minerais de Longwy.

Les prix d'extraction dans les exploitations dont nous parlons, se décomposent de la façon suivante (1) :

Abattage du minerai et triage.	En galerie.	1.50	En dépilage	1.00
Usure des rails et des wagons.	—	0.20	—	0.10
Roulage	—	0.20	—	0.20
Boisage	—	0.35	—	0.15
Frais généraux, entretien, etc.	—	0.60	—	0.60
		2.85		2.15

En dehors des minerais de Longwy, les hauts-fourneaux de la Moselle consomment des minerais oolithiques de même nature, dont l'exploitation s'étend sur la limite nord du département de la Moselle, entre *Ottange* et *Longwy*, jusqu'aux environs d'*Esch*. De Longwy, en revenant vers le Sud, les couches oolithiques se dirigent vers Hayange, dont les usines exploitent des parties importantes pour reparaître dans la vallée de la Moselle jusqu'aux abords de Nancy, sauf de rares interruptions. Ces minerais, en roche compacte, de structure miliaire, dont les grains agglomérés par l'argile siliceuse ou l'argile calcaire, sont formés de dépôts massifs d'hydrate de peroxyde de fer, ainsi qu'il est décrit plus haut (n° 6), se présentent en couches stratifiées régulièment, et à des niveaux suffisants pour que l'exploitation se fasse partout à l'aide de galeries débouchant à ciel ouvert. Le développement des affleurements connus s'étend sur une ligne de 100 kilomètres. L'analyse moyenne donne une richesse de 30 à 40 p. 0/0 de fer, suivant le niveau des couches exploitées.

Presque tous ces minerais donnent des fontes plus ou moins phos-

(1) Nous empruntons une partie de ces détails à un travail très-bien compris, publié par M. A. Lemonnier, dans « l'Annuaire de la Société des anciens élèves des Écoles d'Arts et Métiers (1869).» Cet opuscule, intitulé « Coup-d'œil sur la métallurgie du fer dans l'Est et dans le Sud-Est de la France, » traite les questions économiques avec une grande autorité et beaucoup d'esprit pratique.

phoreuses, ce qu'il faut attribuer aux nombreux débris coquilliers qu'on y trouve, autant qu'à la présence d'une certaine quantité de phosphate de fer et d'alumine, qu'on trouve dans l'oolithe elle-même.

Les exploitants recherchent les parties des exploitations les moins abondantes en débris de coquilles, et dans tous les cas, font procéder au triage de ces débris.

Les minerais du grand-duché de Luxembourg continuent sur la frontière de France, du Luxembourg à Arlon, les exploitations abondantes de cette contrée métallurgique.

En dehors des couches oolithiques on rencontre, vers Bettinge, Hagen, Halgen, Merch, etc., de vastes dépôts de minerais d'alluvion que diverses usines françaises utilisent.

M. Lemonnier donne les analyses suivantes des minerais recueillis près d'Esch au lieu dit Kattzemberg.

SIXIÈME SÉRIE

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4
Peroxyde de fer	66.00	54.00	82.91	38.14
Silicates insolubles	20.05	21.00	9.91	5.75
Alumine	0.05	0.10	3.20	3.33
Carbonate de chaux	0.20	5.65	2.39	46.29
Carbonate de magnésie	0.05	0.20	0.25	0.10
Phosphate de chaux	0.15	0.15	1.04	0.97
Eau et perte	13.50	19.00	2.29	4.70
Rendement en fer	40.00	35.00	»	26.00

N° 1. — Minerai rouge, 2e couche, mine riche.

N° 2. — Minerai rouge, au centre, mine moyenne.

N° 3. — Minerai dit *Berthiérite* en grains oolithiques de couleur bleuâtre, magnétiques, à gangue exclusivement calcaire.

Ces minerais produisent d'excellents fers ; mais on ne les a pas exploités jusqu'à présent assez abondamment pour les traiter autrement qu'à l'état de mélange, avec les autres sortes qu'ils améliorent sensiblement. Les usines d'Ottange, de Moulaine et d'Hayange les font entrer dans leur consommation journalière.

N° 4. — Minerais gris, 3e couche. Mine moyenne.

Les minerais du Luxembourg coûtent environ 2 fr. 18 la tonne comme suit :

Extraction	0.80	ou	1.10
Transport et frais	0.25	»	0.25
Frais de direction	0.12	»	0.08
Tocage	1.00	»	0.75
fr.	2.17	»	2.18

Les prix de vente sont de 2 fr. 50 la tonne chargée en wagon. Ces minerais rendant, en moyenne, 31 p. 0/0 dans les mélanges, il faut compter 3,225 kilog. de minerais par tonne de fonte, soit 8 fr. 10.

Les minerais d'*Aumets* (Moselle) sont encore recherchés par les usines à hauts-fourneaux marchant au charbon de bois et surtout dans ceux en fontes à moulages faisant partie du groupe d'Hayange. Ces minerais lavés pour être débarrassés de leur gangue siliceuse et sableuse donnent 1m,3 de mine propre pour 4 de mine en terre. Leur rendement au fourneau est de 40 p. 0/0 environ.

Leur analyse correspond au n° 5 du tableau ci-dessus.

Le prix de revient des minerais d'Aumetz s'établit comme suit :

Extraction	2.10
Descente de la mine en terre au lavoir	1.25
Lavage sur place	2.50
Frais d'usine et frais généraux	1.25
Tocage moyen	2.00
Entretien des chemins, dégradation etc.	1.06
Fr.	10.16

7e *groupe*. — Minerais des Vosges, etc.. à classer dans le huitième groupe.

	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	N° 5.
Peroxyde de fer	69.50	29.60	31.40	28.10	94.00
Oxyde de manganèse	»	»	0.10	0.12	2.00
Carbonate de chaux	3.50	39.40	28.70	32.30	»
Silice et argile	12.00	17.88	22.00	18.60	2.00
Acide phosphorique	0.20	0.32	0.12	0.16	»
Eau et acide carbonique	14,00	12.80	16.68	20.72	2.00

N° 1. — Minerai d'*Attignéville* (Vosges); en rognons de forme allongée, avec géodes tapissées de sable, d'un brun foncé à éclat résineux et à

cassure légèrement fibreuse. Ce minerai rend, au haut-fourneau, 38 à 40 p. 0/0.

Nos 2, 3 et 4. — Minerais de *Champigneules, Médonville* et *Nijon* (Vosges). Ces minerais hydroxydés, en grains agglomérés dans l'argile brune, rapportent en moyenne, étant mélangés par quantités égales, environ 26 p. 0/0 au haut-fourneau. Employés en 1835-1838 aux usines d'Attignéville et de Vrécourt avec le minerai de *Montreuil* (Haute-Marne) et celui de *Jussey* (Haute-Saône), leur mélange rendait environ 30 p. 0/0 dans la proportion suivante.

Minerai de Montreuil	40
— de Jussey	20
— de Champigneules	20
— de Nijon	10
— de Médonville	10

Ce mélange donnait une bonne fonte de moulage employée pour la sablerie en article de poterie et de ménage ; mais comme il entrainait une dépense de 45 à 48 fr. de minerai par tonne de fonte, les fourneaux dont nous parlons n'ont pu supporter la concurrence, avec les usines de la Haute-Marne et de la Haute-Saône, placées dans de meilleures conditions de production.

No 5. — Minerai compact de *Framont* (Vosges) ; en plaques répandues sur une grande étendue dans le terrain de transition. Ce minerai légèrement magnétique et d'un rendement élevé a été employé en mélange aux forges de Framont. Celles-ci, de même que diverses autres usines des Vosges, n'ont pas été heureuses devant la concurrence des fonderies de la Franche-Comté et pour la plupart elles ont dû fermer.

9e Groupe. — Les minerais de ce groupe sont concentrés dans le Pas-de-Calais, principalement sur le littoral entre Boulogne et Calais où ils sont exploités pour l'alimentation des hauts-fourneaux de *Marquise* et d'*Outreau* près Boulogne-sur-Mer, et au Nord du département, sur la limite extrême, vers la frontière belge. Ils sont assez rares ou de qualité assez inférieure dans cette région pour que, les usines de Denain et d'Anzin et celles de Maubeuge, aient dû être obligées de tirer des minerais du Boulonnais ou du bassin de la Sambre. Depuis quelques années, les fourneaux de Marquise et d'Outreau, bien qu'entourés d'exploitations assez abondantes, ont été amenés, pour améliorer la qualité de leurs fontes de moulage, à admettre des minerais riches d'Espagne, de l'Algérie ou de l'Angleterre.

Les minerais du Boulonnais sont pour la plupart, des hydroxydés en grains ou en fragments géodiques à gangue siliceuse dans la direction

de Boulogne, à gangue argileuse, au delà de Marquise, en allant sur Calais et Guines.

Les exploitations se font à ciel ouvert, ou par puits et galeries, suivant leur importance. Elles sont dispendieuses vu la discontinuité des dépôts encaissés dans les bancs du calcaire oolithique, lesquels sont trop souvent divisés et amoindris pour permettre une extraction économique. Les amas géodiques de minerais en grains, situés entre Marquise et Boulogne, au long du littoral, sont les plus abondants, en même temps qu'ils se prêtent à l'exploitation la moins coûteuse; mais pour la plupart ces minerais, chargés de silice et d'un rendement relativement peu élevé, ne peuvent être employés qu'en quantités restreintes dans les lits de fusion. D'où la nécessité de se reporter vers la contrée au nord de Marquise, où la qualité du minerai est meilleure, mais où les dépôts plus rares ou plus isolés exigent de plus grands frais d'extraction.

Les minerais de Malassise, d'Elinghen, de Landrethun-le-Nord et autres, donneraient des fontes de moulage de première qualité. Sous peine d'épuiser rapidement les exploitations connues, les usines de Marquise sont forcées de les ménager.

On trouve dans la direction de Bainghen et de Landrethun des minerais carbonatés en rognons géodiques, mais plutôt en masses amorphes exploitées dans la gangue argilo-calcaire. Ces minerais qu'on emploie après le grillage, sont d'excellente qualité, mais d'un rendement variable qui se tient entre 25 et 40 p. 0/0 au haut-fourneau. Ils sont malheureusement trop rares et quand il se rencontrent par dépôts exploitables, ces dépôts généralement superficiels manquent d'importance pour assurer à la consommation un appoint continu. Des fragments calcaires imprégnés de peroxyde de fer, sans aucune richesse métallique, se trouvent mêlés aux masses de fer spathique et assez confondus pour qu'il ne soit facile de les trier qu'après le grillage. De là, une exploitation demeurée pauvre et incertaine.

Les minerais hydroxydés des environs de Boulogne, comme ceux du littoral entre Marquise et Guines sont employés, les uns après une simple exposition à l'air, d'une durée plus ou moins longue, les autres après le lavage au rable, dans des auges disposées à l'aide de plaques en fonte recevant les eaux pluviales, amassées dans des réservoirs formés par les excavations des anciennes exploitations.

Les deux tableaux suivants, donnent l'analyse résumée des minerais appartenant aux exploitations les plus importantes de la côte de Boulogne.

PREMIÈRE SÉRIE

Minerais des environs de Boulogne-sur-Mer.

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6	N° 7	N° 8
Peroxyde de fer	63.00	35.20	54.00	28.00	50.00	48.00	46.00	49.00
Alumine	»	0.60	1.10	6.50	»	»	»	»
Argile	21.00	»	»	48.00	»	»	40.00	24.00
Silice	»	2.50	3.50	11.60	41.00	42.00	»	»
Quartz	»	52.10	28.30	»	»	»	»	»
Chaux	»	»	»	traces	3.00	»	4.00	3.00
Acide phosphorique	1.55	traces	0.40	»	»	»	»	»
Eau et perte	14.10	9.20	12.50	5.60	6.00	10.00	10.00	24.00

N° 1. — Minerai de la vallée d'*Udenach*, près Boulogne-sur-Mer; cloisonné, presque compact, criblé de petites cavités vides, d'un brun foncé.

N°s 2 et 3. — Minerais de Boulogne-sur-Mer; l'un d'un brun-jaune, l'autre d'un brun foncé, pris dans deux couches différentes, superficielles et mélangées de quartz.

N° 4. — Minerai ocreux de *Boulogne-sur-Mer;* très compact, d'une belle couleur jaune; contenant 15 à 16 p. 0/0 de sable quartzeux fin.

N° 5 et 6. — Minerais de *Pichevert*, commune de *Wimille* près Boulogne; ces minerais en grains, pris dans le sable siliceux donnent par l'essai au creuset: le n° 4, 35 p. 0/0 de fonte blanche, grenue, obtenue avec 30 p. 0/0 de calcaire: les n°s 5 et 6, 32 p. 0/0 de même fonte, fondue avec 40 p. 0/0 de calcaire.

N° 7. — Minerai du *Camp de Boulogne;* en grains avec parties brisées, agglomérées dans l'argile, exploitation à ciel ouvert. Rendement au feu 32 p. 0/0 fonte rubannée, lamelleuse, avec 10 p. 0/0 de calcaire.

N° 8. — Minerai, avoisinant le précédent et pris au lieu dit la *Trésorerie;* exploité par les usines de Marquise. La structure de ce minerai avait laissé supposer qu'il contenait de l'étain. Donne 34 p. 0/0 de fonte blanche rubannée, obtenue avec 20 p. 0/0 de calcaire.

DEUXIÈME SÉRIE

Minerai du canton de Marquise dans la direction de Calais & de Guines.

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6
Peroxyde de fer	68.00	70.00	79.00	60.00	43.00	85.00
Argile	10.00	21.00	14.00	38.00	42.00	»
Silice	»	»	»	»	»	5.00
Chaux	4.00	1.00	»	»	3.00	5.00
Eau et perte	18.00	8.00	7.00	2.00	12.00	5.00
Richesse métallique	47.00	49.00	54.00	42.00	30.00	59.00
Calcaire employé à l'essai	10.00	10.00	20.00	20.00	25.00	10 ar. 10 c.

Nos 1 et 2. — Minerais de *Malassise;* en morceaux, exploitation à ciel ouvert.

N° 3. — Minerai de même provenance, exploité par galerie.

Nos 4 et 5. — Minerais de *Bainghen;* en grains et en fragments, le n° 4 a été pris sur le tas d'extraction, le n° 5 après passage au lavoir.

N° 6. — Minerai d'Elinghen.

Les minerais des deux tableaux ci-dessus, mélangés dans les charges des hauts-fourneaux de Marquise donnaient, à diverses proportions, les résultats qui suivent :

Minerais de :

Bainghen.	Malassise.	Pichevert.	Castine.				
9	19	15	18	soit 2.940	kilog.	minerai par	tonne de fonte
10	19	14	18	— 3.100	—	—	—
13	19	13	21	— 3.710	—	—	—
10	20	15	22	— 3.910	—	—	—
12	23	17	22	— 3.560	—	—	—
17	18	16	21	— 3.860	—	—	—

On considérait alors comme une bonne marche, en fontes à moulage, une charge de minerais donnant 38 à 40 p. 0/0 avec 1,200 à 1,300 kilog. de coke pour une tonne de fonte.

Les minerais hydroxydés de Malassise, Elinghen et Bainghen, en grains ou en fragments, reviennent sur place, prêts à être chargés à 9 fr. 50 les 1,000 kilog. et rendus au gueulard des hauts-fourneaux à 13 fr. 50. 9 mètres cubes de minerai extrait, donnent 5 mètres à $5^m,50$, à employer au haut-fourneau.

Les minerais de Pichevert et de la Trésorerie (canton de Boulogne), coûtent, lavés et cassés sur place, 7 fr. 50 à 8 fr. la tonne, et rendus aux usines 11 à 12 fr. Ils sont exploités à ciel ouvert.

Pour ces minerais, comme pour les précédents, l'extraction à la surface coûte environ 2 fr. par mètre cube, déblayage compris.

Le lavage au rable coûte . . . 1 fr.60 à 2 fr. 25 par mètre cube.
Le cassage au marteau . . . . 0 fr.80 à 0 fr. 90 — —

Les morceaux cassés ne sont pas lavés, quand les minerais sont exploités par puits ainsi que cela a lieu dans la contrée de Malassise et de Bainghen.

Le fonçage des puits, boisés avec des barres, coûte entre 1 fr. 50 et 2 fr. par mètre de profondeur.

Les puits de recherche : 1 fr. 25 à 1 fr. 50.

L'extraction du minerai en puits : 1 fr. 50 par mètre cube.

Ces prix sont améliorés quand il est possible d'installer sur les exploitations, alors qu'elles doivent avoir une certaine durée, des pompes et des lavoirs organisés d'une façon définitive et d'employer les locomobiles.

Les minerais carbonatés de Bainghen, Landrethun et Malassise exploités en petites quantités et par poches isolées reviennent, comme prix d'extraction sur la minière, entre 2 fr. 25 et 2 fr. 50 par tonne ; le prix du transport variant entre 3 fr. 50 et 4 fr. Ces minerais sont employés au haut-fourneau après une macération libre provenant de leur exposition à l'air, aussi longue que possible, ou après avoir passé par les fours de grillage.

On emploie environ 100 kilog. de poussière de coke par mètre cube de minerai grillé. La main-d'œuvre de grillage, surveillance, chargement des fours, etc., coûte environ 0 fr. 35 à 0 fr. 40 par mètre, à quoi il faut ajouter 0 fr. 30 pour défournement et mise en tas.

Ces minerais pèsent entre 1,700 et 1,750 kilog. le mètre cube, au moment de l'extraction. Par l'exposition à l'air, pendant un an ou dix-huit mois, ce poids descend à 1,450 ou 1,500 kilog. Après le grillage, il ne dépasse pas 1,275 à 1,300 kilog.

Les minerais hydroxydés, pris au gueulard des hauts-fourneaux, donnent les poids suivants par mètre cube :

Mine de Malassise mélangée, lavée et cassée.	1.575	kilog.
— — passée par un double lavage.	1.650	—
— Bainghen lavée.	1.575	—
— Pichevert mélangée et non lavée	1.550	—
— la Trésorerie	1.475	—

10e *groupe*

Minerais employés dans divers hauts-fourneaux de la Bretagne, suivant les analyses faites au laboratoire d'Angers.

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6	N° 7	N° 8
Protoxyde de fer	»	»	»	9.60	»	»	»	»
Peroxyde de de fer.	67.10	75.40	74.00	66.60	66.90	65.00	87.50	46.00
Oxyde de manganèse. . . .	»	»	»	0.20	»	»	»	»
Acide phosphorique	0.30	1.20	2.00	0.60	2.00	1.60	»	»
Chaux carbonatée	0.80	traces	1.40	»	»	»	2.00	2.00
Silice gélatineuse	»	»	»	9.80	»	»	»	»
Alumine	»	»	»	0.80	»	»	»	»
Gangue, quartz, argile. . .	20.00	10.80	8.80	3.80	17.00	12.00	1.00	39.00
Phosphate de chaux	»	»	»	»	»	2.60	»	»

N° 1. — Minerai de la *Feuvray ;* assez rare, peroxydé, hydraté en roche. Entre dans la proportion de 33 p. 0/0 environ dans les mélanges du haut-fourneau de Pouancé.

N° 2. — Minerai de *Rougé;* semblable au précédent, mais de qualité inférieure.

N° 3. — Minerai de la *Noë;* même sorte, donne du fer de mauvaise qualité. On ne l'utilise qu'en faibles proportions pour les fontes à fer.

N° 4. — Minerai de *Ségré;* en fragments anguleux d'un noir verdâtre. Sa structure est grenue à grains très fins, l'acier le raye et il ne raye pas le verre. Il est fortement magnétique et même magnétipolaire. Sa densité est de 3,65 à la température ordinaire. Ce minerai se rapproche par sa composition et ses propriétés, des minerais de Saint-Brieuc.

N° 5. — Minerai de *Bohan*; employé au fourneau de Trédion, hydrate de peroxyde de fer à parties d'un jaune clair en couches rayonnées et concentriques, qui ne font pas effervescence.

N° 6. — Minerai amorphe, de même provenance ; d'un brun clair, à cassure inégale, ne renfermant pas les mêmes parties jaunâtres.

Ces minerais donnent une fonte de qualité très inférieure pour la fabrication du fer, de même qu'une grande partie des minerais de Bretagne.

Les fontes à moulages sont relativement meilleures.

On attribue ces résultats à la présence du phosphore en excès.

Nos 7 et 8. — Minerais de l'*Audevenne*, arrondissement de Châteaulin (Finistère) ; traités dans le haut-fourneau de Trégarran.

Minerais employés à l'usine de la Meillerais.

	N° 1	N° 2	N° 4	N° 3
Peroxyde de fer	54.80	57.40	70.80	52.20
Acide phosphorique	0.40	»	1.60	»
Alumine	3.80	4.00	traces.	»
Argile	»	27.20	»	33.80
Gangue quartzeuse	31.20	»	11.40	»
Oxyde de manganèse	»	»	traces.	»
Magnésie	»	»	traces.	»
Silice gélatineuse	»	»	2.00	»
Chaux et perte	»	»	2.00	»

N° 1. — Minerai de *Viennay*, arrondissement de Parthenay, (Deux-Sèvres) ; oxydé, hydraté en roche, d'un brun-rouge, est considéré à l'usine comme de mauvaise qualité, donnant du fer tendre, mélangé à d'autres minerais très bons, il détériorer la qualité du produit.

N° 2. — Minerai de la *Pacaudière;* oxydé hydraté, à grains arrondis de formes irrégulières.

N° 3. — Grès ferrugineux, à grains de quartz et à ciment de fer oxydé hydraté.

Ces deux minerais n°s 1 et 3, qui appartiennent à la formation tertiaire, donnent des fontes de très bonne qualité. On les débourbe et on les lave à l'usine.

N° 4. — Minerai des environs de La Roche-sur-Yon ; fer hydraté, oxydé, compact, à cassure d'un brun terne, quelquefois satiné. Ce minerai très riche et très abondant contient une forte proportion d'acide phosphorique qui le rend d'un emploi difficile pour les fontes à fer. Toutefois, il peut être utilisé pour les fontes à moulage.

Minerais étrangers. — Il nous reste à faire suivre les données expérimentales et analytiques que nous venons de fournir sur les principaux minerais exploités en France, par quelques indications sur les minerais, susceptibles d'être importés, ou l'étant déjà, par un certain nombre d'établissements métallurgiques de notre pays.

Disons auparavant que nous avons feuilleté d'un bout à l'autre les *Annales des mines*, recueillant, çà et là, des données éparses obtenues sans esprit de système, sans ordre et sans but précis, par des ingénieurs, dont pas un, ne paraît s'être préoccupé d'un travail général sur les minerais français, ce qui aurait pu être et serait encore aujourd'hui du

plus haut intérêt. Car, ce n'est pas avec les données décousues que nous avons utilisées qu'on peut se rendre un compte exact des richesses de la France, comme minerais de fer. Cependant, nous espérons qu'on tirera parti des résumés succincts présentés ici, si l'on reconnaît que dans les ouvrages traitant le même sujet, il n'y en a guère qui présentent un ensemble plus méthodique et même plus complet.

PREMIÈRE SÉRIE

Minerais d'Espagne. — Analyses diverses.

	N° 1			N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6	N° 7
Peroxyde de fer.	75.05	78.57	70.10	65.20	88.20	56.00	64.40	92.60	77.00
Oxyde de manganèse	1.45	0.70	3.65	4.40	»	2.71	9.20	»	0.80
Chaux	»	4.10	0.32	»	1.80	2.10	trac.	»	1.25
Magnésie. . . .	»	1.00	0.23	»	»	»	»	»	0.15
Alumine	»	»	6.33	»	0.55	»	»	»	0.02
Silice	»	5.20	13.66	»	10.00	2.60	»	trac.	0.10
Argile	12.50	»	»	17.60	»	»	»	5.60	»
Quartz									
Soufre	»	»	»	»	»	»	»	17.00	»
Acide carbonique	»	»	»	»	»	»	»	»	7.50
Richesse en fer .	54.00	56.25	56.40	56.00	61.74	44.00	50.00	»	48.00

N° 1 *a*. — Minerai de *Sommorostro* (Bilbao); compact, brun foncé, à cassure unie et peu brillante; mines très réputées, alimentant quelques-unes des rares usines de l'Espagne (Groupe d'Asturies). — N° 1 *b*, exploitation dite de *Campanil*. — N° 1 *c*, minerai de *Ollargan*.

N° 2. — Minerai de *Guipuscoa;* hématite fibreuse de San-Emilio, fonte blanche, dure et tenace.

N° 3. — Minerai violet *Oyarzun;* fer oligiste de Guipuscoa, filon encaissé dans le granit.

N° 4. — Fer spathique de *Guipuscoa;* schistes adossés au granit.

N° 5. — Fer spathique de *Miasuri;* mines de la Bidassoa.

N° 6. — Fer oligiste, violacé, compact, de San-Emilio (Bidassoa).

N° 7. — Minerai de la *Fraternidad*, près Garruchio (province d'Alméria); fer peroxyde anhydre, présentant deux variétés distinctes : l'une à l'aspect métalloïde, l'autre à l'aspect mat, généralement compacte en

poussière rouge : la première de couleur noire ou grisâtre à la surface et dans les cassures franches ; la seconde, de couleur rougeâtre à l'aspect mat et terreux.

DEUXIÈME SÉRIE

Minerais d'Algérie. — Analyses diverses.

	N° 1 A	N° 1 B	N° 1 C	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Peroxyde de fer	90.83	85.07	90.94	87.77	88.80	57.25	90.30
Oxyde de manganèse	0.96	»	1.00	trac.	»	3.50	»
Chaux	0.67	trac.	0.79	1.84	1.01	10.00	»
Magnésie	0.18	trac.	0.10	0.48	0.66	2.00	»
Alumine	trac.	0.80	»	2.00	2.00	1.60	»
Silice	2.06	3.18	2.12	5.56	5.70	»	»
Argile	»	»	»	»	»	4.00	»
Quartz	»	»	»	»	»	»	1.35
Fer titané	»	»	»	»	»	»	7.25
Richesse en fer	63.58	59.55	63.60	61à65	62.16	»	»

N° 1 A. Minerai de *Soumah* (département d'Alger) ; fer hydraté silicaté, magnésifère dit *fer carbonaté.*

N° 1 B. — Minerai de *Soumah ;* hydroxydé silicaté, dit hématite.

N° 1 C. — Minerai de *Soumah ;* fer hydroxydé manganèsifère, dit *carbonaté.*

N° 2. — Minerai de l'*Arba ;* hydroxydé silicaté.

N° 3. — Minerai de l'*Arba ;* fer oligiste micacé.

N° 3. — Minerai hydraté de *Méboudja ;* en partie de couleur brune, en partie de couleur presque noire, cassure sans fibres, avec éclats résineux.

N° 5. — Minerai oligiste, d'*Ain Mokta ;* près de Bône, en masses d'un gris foncé, veinées de fer oxydulé avec texture cristalline et quelque éclat métallique.

Essai des Minerais.

Il est utile que toute personne, s'occupant de la production de la fonte, sache sinon analyser, tout au moins pratiquer l'essai des minerais qu'elle doit soumettre à la fusion, afin d'en connaître la nature et le

rendement, et aussi afin de déterminer la quantité de fondant à employer pour obtenir une réduction satisfaisante.

En admettant qu'il s'agisse de résultats pratiques à obtenir, plutôt que de données purement théoriques, l'essai par la *voie sèche* est préférable à l'analyse par la voie humide, pour le praticien qui veut se renseigner sur le degré de richesse et la limite de fusibilité d'un minerai, plutôt que sur ses combinaisons chimiques.

Celles-ci, néanmoins, ont leur importance, en ce sens qu'elles font connaître les matières étrangères liées accessoirement au fer et que par là, il est permis de suivre un traitement plus radical, et plus certain, du minerai introduit dans les hauts-fourneaux.

Quelque soit le mode d'essai admis, il y a, nécessairement, une étude préliminaire à faire.

Par avance, sur son seul aspect et d'après le classement et les descriptions que nous venons de donner, il est permis de reconnaître la nature et les qualités d'un minerai.

On reconnaît facilement, par exemple, si l'échantillon à essayer doit contenir de la chaux, de la silice ou de l'alumine.

Les minerais portant de l'alumine sont habituellement doux et glissants sous les doigts ; ils provoquent sur la langue la sensation d'adhérence que donnerait un morceau d'argile.

Les minerais qui renferment de la silice font, au toucher, l'effet du sable ou du verre broyé glissant entre les doigts. Ces minerais et les précédents ne sont sensibles à l'action des acides qu'autant qu'ils contiennent quelques parties calcaires.

La présence de la chaux est démontrée, au contraire, par l'effervescence que produit le minerai pulvérisé lorsqu'il est atteint par quelques gouttes d'acide sulfurique ou d'acide nitrique.

La nature de la terre en contact avec le minerai, étant déterminée, on s'applique à rechercher le fondant qui convient et à déterminer approximativement la dose nécessaire pour opérer la fusion.

Les minerais calcaires, portant avec eux tout ou partie de leur fondant, n'en demandent par conséquent qu'une addition rélativement faible. Les minerais alumineux en exigent une dose plus forte, et cette dose doit être augmentée encore pour les minerais siliceux.

C'est par le tâtonnement que s'obtient, le plus souvent, la détermination exacte des proportions à donner au fondant, surtout quand il s'agit de passer les minerais au haut-fourneau.

La quantité de terre contenue dans les minerais doit évidemment faire varier les bases du fondant qui leur convient. Sous ce rapport, ce n'est pas d'une manière absolue qu'il faut admettre que les minerais siliceux devraient demander plus de fondant que les minerais alumineux, et ceux-ci davantage que les minerais calcaires.

Le dosage du fondant dans les opérations en grand est, on le comprend, une chose de beaucoup d'importance ; on arrive à bien le régler après un examen attentif des produits de chaque jour, et en calculant avec soin, quelle a pu être l'influence de la quantité de flux ajoutée à chaque charge ; mais dans les essais par voie sèche où l'on opère à très faibles doses, il ne faut compter sur un résultat, un peu sérieux, qu'après avoir recommencé l'opération deux ou trois fois au moins, en faisant varier les proportions du fondant.

Quelle que soit la nature d'un minerai de fer, on peut toujours en déterminer la fusion à l'aide du borax qu'il faut admettre comme flux très énergique ; toutefois le borax a l'inconvénient d'être volatil et d'un dosage difficile. Il est en outre susceptible, d'imprimer, à la fonte, un caractère différent de celui qu'elle présenterait traitée avec un flux terreux.

Suivant cette donnée, le borax peut être admis comme moyen de déterminer et d'activer la fusion, mais avec l'aide de fondants plus susceptibles de former du laitier et de protéger la réduction.

Les minerais siliceux ou argileux renfermant diverses bases, entre autres de la chaux en petite quantité, fondent bien avec le carbonate de chaux, dans la proportion de 25 à 50 p. 0/0, additionné de 10 à 20 p. 0/0 de borax, s'il y a lieu. Les hématites tendres, les fers hydratés hématites compacts ou oolithiques se réduisent convenablement avec un flux composé de 0,10 de borax, 0,10 de verre pilé et 0,25 de chaux carbonatée. Les minerais hydratés, granuleux et limoneux, contenant beaucoup de chaux et beaucoup d'alumine, trouvent un fondant suffisant dans les proportions de 0,25 de verre pilé et 0,25 de chaux fluatée. Les minerais calcaires ou alumineux ne renfermant pas de silice, ou n'en présentant qu'à faible dose, sont traités par l'argile siliceuse, lorsque la gangue est essentiellement calcaire ; avec un mélange de quartz ou d'argile marneuse et de carbonate de chaux, lorsque la gangue est alumineuse.

Le minerai à essayer doit être choisi par fractions égales des différentes qualités, que présente l'exploitation, en vue d'obtenir une moyenne exacte, comme richesse et comme composition générale.

Ce minerai est lavé, puis séché et réduit en poudre fine passée au tamis de soie. Les flux destinés à l'essai sont broyés et tamisés égalelement. Avant d'opérer le mélange, le minerai a été calciné au rouge.

Son poids exact et celui des diverses matières composant le flux, sont pris séparément à l'aide d'une balance de précision. L'essai doit se faire sur 10 grammes, au moins, de minerai à fondre.

Le tout est déposé au centre d'un creuset brasqué, de telle sorte que le transvasement s'opère sans qu'une partie de la matière soit perdue.

La brasque est, comme on sait, une pâte formée de poussière très

fine, de charbon de bois, pétrie avec quelque peu d'eau gommée ou d'huile de lin, jusqu'à ce qu'elle ait acquis assez de consistance pour se pelotonner, sans pourtant adhérer à la main (1).

Cette pâte est tassée fortement, couche par couche, à l'aide d'un pilon en bois, jusqu'à ce que le creuset soit complètement rempli; on pratique alors, dans son milieu, une cavité parfaitement lisse laissant, tout au plus, un centimètre d'épaisseur à la brasque, tant au fond du creuset que sur les parois. Le lissage de la cavité qui se fait à l'aide d'un outil très uni, en buis ou en verre, a une grande importance si l'on veut empêcher les grenailles métalliques de se développer à la fusion et de gêner la formation du culot.

La matière, minerai et fondant, déposée dans le creuset, est recouverte de la brasque solidement tassée; puis, le creuset fermé et luté, est présenté au foyer d'un feu de forge et d'un petit fourneau d'essai pour rester exposé, pendant une demi-heure ou trois-quarts d'heure, à l'action d'un feu soutenu.

On laisse refroidir le creuset sur place avant d'en extraire le bouton de métal fondu, dont le poids sert à déterminer la richesse du minerai soumis à l'essai.

Le culot de fonte est ordinairement entouré de parties vitrifiées formées par le mélange fondu du flux et des terres combinées avec le minerai. Ces parties vitrifiées, dites *laitier*, doivent se présenter avec un aspect vitreux.

Si elles sont divisées et friables, on peut craindre qu'elles aient absorbé une grande quantité d'oxyde de fer et, par suite, altéré le rendement du minerai en métal.

Il arrive souvent que l'action du feu n'ayant pas été suffisamment soutenue, ou le fondant ne s'étant pas trouvé dans des proportions convenables, on obtient au lieu d'un culot, des globules disséminées et toutes boursoufflées. Il est indispensable de recommencer l'opération en faisant varier la proportion du flux et en surveillant le chauffage du creuset.

C'est, dans tous les cas, une chose utile de répéter plusieurs fois les essais, afin d'en déduire un résultat moyen.

On peut prendre, à la rigueur, le poids du culot obtenu pour la quantité de fer contenue dans le minerai essayé; mais on doit regarder, en toute hypothèse, ce poids comme un maximum qu'on obtiendra difficilement à l'emploi au haut-fourneau.

(1). La brasque à l'huile de lin serait préférable, en ce sens, qu'elle n'a pas l'inconvénient de produire de la vapeur pouvant faire casser le creuset. Toutefois, il est bon de noter que l'huile de lin, lorsqu'on traite des minerais peu riches, tend en disséminant les parties du métal en fusion, à empêcher la formation du culot.

Les essais de ce genre, quelque soin qu'on apporte à les faire, donnent évidemment des résultats qui sont loin de répondre à ceux qu'accuserala marche des hauts-fourneaux. Ils indiquent, tout au plus, la teneur et la nature de la fonte, lorsque le choix et le dosage du flux ont été bien réussis. Toutefois, il n'est pas rare d'obtenir, à un premier essai, de la fonte blanche ou truitée, et à un deuxième de la fonte grise avec le même minerai, et réciproquement; car, une surabondance ou un manque de fondant suffisent pour déterminer ces changements.

Le mérite principal de l'essai, par la voie sèche, est de fixer approximativement la richesse du minerai qu'on veut mettre en exploitation. Cette richesse peut être appréciée assez bien après divers essais contradictoires.

On peut d'ailleurs, comme vérification des essais, examiner le produit métallique et les scories par l'analyse, ou autrement dit, par la voie humide.

Cette opération nécessite une suite de travaux chimiques d'autant plus complets, qu'on veut obtenir des résultats plus exacts au lieu d'une approximation souvent suffisante dans la pratique.

S'il s'agit de doser successivement tous les corps accessoires que peut comporter, à l'état de combinaison, un minerai de fer quelconque, il y a lieu de se livrer à une étude plus approfondie qu'il serait trop long d'introduire ici. Nos lecteurs trouveront les éléments de telles opérations dans les divers traités spéciaux de méthodes analytiques ou de métallurgie générale.

Les procédés les plus simples, utiles à noter en dehors des essais par la voie sèche que nous avons décrits, consistent à réduire en poudre et à calciner un poids déterminé de minerai pour chasser l'eau, l'acide carbonique et toutes matières bitumineuses ou gazeuses susseptibles d'être enlevées par le feu, afin de ramener le fer à l'état de peroxyde, s'il n'est pas à l'état de silicate.

Si les minerais sont à gangue calcaire, on les traite à froid par l'acide nitrique étendu, ou par l'acide acétique, pour en extraire, après dissolution et dessication, les carbonates de chaux et de magnésie. Au besoin, la chaux peut être précipitée par l'acide oxalique, à l'état d'oxalate, et la magnésie par le phosphate de soude avec excès d'ammoniaque. On traite ensuite par l'acide chlorhydrique, ou plutôt par l'eau régale, le résidu métallique pouvant contenir du quartz ou de l'argile que l'on isole et qui laissent le fer combiné à l'albumine, à la silice, au phosphore, au manganèse, etc.

L'alumine, la silice et l'acide phosphorique sont enlevés par le traitement à la potasse caustique ; le dépôt restant, en oxyde de fer et de manganèse, est dissous à nouveau dans l'acide hydrochlorique auquel on ajoute une petite quantité d'acide nitrique pour aider à peroxyder

le fer, car c'est, généralement, à l'état de peroxyde quele fer doit être dosé dans les analyses par voie humide.

Le fer peut être séparé, du manganèse, en précipitant les deux oxydes au moyen du carbonate de soude, ajouté en excès. Le dépôt lavé étant dissous dans l'acide acétique, est alors évaporé à siccité ; puis, le résidu, repris par l'eau qui dissout l'acétate de manganèse, laisse le peroxyde de fer isolé. S'il arrive qu'à la première opération la séparation n'est pas nette, on fait évaporer de nouveau et l'on reprend une seconde fois le résidu par l'eau.

Ces indications sont suffisantes pour déterminer la marche générale d'une analyse par voie humide, étant connues *à priori*, les données principales de la composition d'un minerai. L'œil du métallurgiste exercé, voit facilement s'il peut les étendre ou les limiter en raison du but qu'il doit atteindre.

Nous ne parlerons donc pas des divers procédés recommandés ou employés par le laboratoire de l'École des mines et par les savants français ou étrangers : Berthier, Rose, Fuchs, Frésenius, Karsten, le docteur Percy, etc., et nous nous bornerons à renvoyer nos lecteurs aux ouvrages techniques, plus étendus, sur l'étude scientifique des minerais.

Exploitation des Minerais.

Les conditions de l'exploitation des minerais de fer varient beaucoup, suivant la nature ou l'abondance des gisements et la disposition des terrains où ils se rencontrent.

L'extraction des minerais en roches, disposés par masses ou en filons, est plus coûteuse que celle des minerais en grains ou en poussière. Toutefois, les minerais en roche sont relativement d'une exploitation aussi économique, lorsqu'ils n'exigent d'autre préparation qu'un triage, pouvant être rendu facile, des pierres et des parties pyriteuses, schisteuses ou autres, qui s'y trouvent associées,

Les frais d'exploitation sont d'autant plus élevés que la préparation des minerais doit être l'objet d'opérations plus détaillées ou plus complexes.

Certains minerais peuvent être employés tels qu'ils sont enlevés du terrain qui les porte, ou seulement après un simple tamisage à la claie.

D'autres, ceux qui sont imprégnés de pyrites et contiennent du carbonate de magnésie, exigent tout au moins la macération ou l'exposition à l'air, s'ils ne doivent pas être épurés par le grillage.

La nature des terrains indique, ordinairement, l'existence du minerai. Nous avons dit plus haut, d'une manière générale, dans quels terrains se

rencontrent les minerais de qualités diverses, exploités en France. Il convient naturellement, avant d'exploiter, de constater l'abondance des dépôts et les conditions économiques qu'ils peuvent offrir. Cela se fait au moyen de sondages d'abord, puis à l'aide de coupures et de puits qu'on pratique sur différents points de la contrée métallifère.

Les recherches à la sonde présentent une ressource certaine pour reconnaître les terrains comportant des minerais de fer. Les perfectionnements récents qu'ont reçus les appareils à sonder, sous les efforts habiles de quelques spécialistes : MM. Mulot père et fils, Laurent et Degousée, Kind, etc., permettent aujourd'hui, à toutes les usines, de procéder à la reconnaissance des terrains ferrifères et de diriger les travaux d'exploitation dans une voie plus sûre et moins dispendieuse que par le passé.

On introduit la sonde dans le sol à des distances assez rapprochées et à des profondeurs variables selon la nature des couches atteintes par l'outil, la résistance qu'on éprouve à enfoncer la sonde, ou encore suivant la nature des fragments qu'on amène à la surface. Par là, on a bientôt, sinon étudié, d'une façon absolue, la richesse d'un terrain, du moins déterminé la valeur et l'importance moyennes d'une exploitation.

Les minerais, réunis en masses ou en filons, sont exploités à la pioche, au marteau, à la pince, etc. Quelquefois on est amené, pour avancer le travail, à employer l'action de la poudre et du feu. On procède par galeries, lorsqu'il s'agit d'attaquer des masses considérables ; et l'on se contente, au contraire, d'aborder à ciel ouvert les parties les plus riches et les plus facilement exploitables lorsque le minerai se présente en filons ou par blocs séparés.

L'exploitation des minerais en grains, en poussière et de tous ceux qu'on peut obtenir à la surface ou près de la surface du sol, se traite d'une manière plus simple. Au moyen de la pioche et de la pelle, on enlève du terrain déblayé le minerai, partout où il se présente, en ayant soin d'éviter, son mélange avec les terres ou les gangues avoisinantes. En cas de gisement abondant, on jette de côté, par économie, la première couche, généralement plus chargée de terres que de minerais, et l'on abandonne même l'exploitation partout où le minerai devient assez pauvre et trop chargé de gangues pour qu'il soit dispendieux de l'amener au lavoir ou sur le bocard.

Le triage et la macération ont lieu, d'habitude, sur place, de même le lavage ou le débourbage, lorsque ces opérations peuvent être faites commodément sur les installations mêmes.

Lavage — Un simple lavage suffit pour débarrasser les minerais, en grains ou en poussière, qui ne contiennent que peu de terres ou qui ont des gangues peu adhérentes.

Aujourd'hui que les usines peuvent disposer de machines à vapeur locomobiles, très-portatives, et d'une installation peu encombrante, le lavage des minerais sur place a été adopté de toutes parts.

Dans les contrées élevées, où l'eau est rare et même absente, des fossés ou des étangs formés, le plus souvent, à l'aide des excavations qu'a laissées l'exploitation, réunissent les eaux pluviales. Des pompes simples et d'un entretien facile, sont installées sur ces réservoirs d'où elles versent, dans les lavoirs, l'eau qui va s'écouler pour s'amasser plus loin et servir à un nouveau lavage après avoir déposé son limon.

Les lavoirs, dont la section transversale a la forme d'un trapèze renversé, ayant environ 1m,50 à 2 mètres à la base inférieure, et 2m,50 à 3 mètres à la base supérieure, et dont la longueur peut varier entre 4 et 5 mètres sont installés en planches de chêne d'un démontage commode, ou mieux, à l'aide de plaques de fonte qui, s'assemblant et s'enlevant aisément, permettent un travail plus rapide, meilleur et de plus de durée (1).

Plusieurs lavoirs sont disposés à la suite les uns des autres. L'eau étant élevée par des pompes à bras, si le lavage n'est que momentanément installé et par un moteur portatif, si cette opération doit durer quelque temps à la même place, passe d'un lavoir à l'autre, s'il y a lieu, et est renouvelée sans cesse pendant la durée du travail. Le lavage se fait en agitant le minerai à l'aide d'un rable en fer attaché à un long manche en bois.

On a essayé diverses méthodes en dehors du lavage au *rable*, et, sans parler du lavage en paniers, en caisses à compartiments ou sur les tables à secousses, à peu près abandonnées, du moins, dans les exploitations de minerais de fer.

Parmi les dispositions cherchées, en vue d'obtenir des minerais plus aisément et plus rapidement nettoyés, toutes plus ou moins étudiées, à raison des facilités susceptibles d'amener une économie de la main-d'œuvre, nous pouvons citer :

1° Les lavoirs centrifuges de Cadiat, dans lesquels l'eau et le minerai sont entraînés vers des appareils, mûs à très-grande vitesse, pour être rejetés séparément après un lavage rapide. Ces appareils, décrits dans les publications Armengaud, sont encore utilisés, sauf quelques modifications, dans quelques exploitations des usines de l'Aveyron;

2° Un autre mode de lavage, qui consiste à débourber la mine placée dans la cuve peu profonde d'un lavoir à bras, sous l'effort d'un jet puis-

(1) Chaque plaque de lavoir peut être faite à la surface de 1m 50 carrés et à l'épaisseur de 12 à 15, millim. avec des nervures très-simples, permettant l'assemblage sans boulons et sans autres joints qu'un garni de plâtre, de mortier ou même de terre. La fonte de ces plaques, presque toujours coulées sur couche, vaut entre 10 et 15 francs les 100 kilog., tous frais compris, suivant les fonderies.

sant et énergique rendu par le jettoir d'une pompe foulante ou bien encore sous la pression d'une chute d'eau versée d'une grande hauteur. Cet agencement a, du moins, le mérite d'une grande simplicité et d'une application facile, s'il n'atteint pas complètement son but, quand il s'agit de laver des minerais très-chargés d'argile ;

3° Des tambours héliçoïdaux ou trommels, disposés suivant une inclinaison analogue à celle qu'on donne aux vis d'Archimède et se mouvant avec une certaine vitesse sur leur axe. Ces appareils reçoivent à leur sommet le minerai chassé par l'eau et le rendent à leur base, en le rejetant sur un plan incliné, stable, à claire-voie, pour laisser échapper l'eau ;

4° Le débourbage par l'action de la vapeur, qui dispense de l'exposition ou de la macération à l'air et peut, dans certains cas, nettoyer le minerai d'une façon suffisante, sinon toujours économique. Une disposition, fondée sur ce principe, est employée dans quelques exploitations de l'Angleterre pour diviser et préparer le minerai carbonaté des houillères, le plus souvent imprégné d'argile bitumineuse et même de houille ;

5° Les procédés complets installés par MM. Huet et Geyler (1), à l'aide d'appareils mécaniques. Ces procédés, plutôt applicables en général à la préparation de minerais, d'un ordre plus élevé que le fer, au moins sous le rapport de la valeur vénale, tels que les minerais de plomb, de zinc, d'étain, etc., peuvent, néanmoins, en quelques points, être utilisés pour nettoyer les minerais de fer.

Les principaux appareils à noter, parmi ceux qu'ont préconisés ces ingénieurs, sont :

Cassage. — La machine à casser, dite *américaine*, modifiée et perfectionnée dans les ateliers de construction de Fives. Cet appareil supprime le cassage au marteau ; il donne un travail plus productif tout en fournissant moins de menus et de poussières. Les morceaux livrés à ce concasseur, dont le mode d'action est emprunté à un système de mâchoires disposé de manière à limiter la grosseur des fragments à produire, peuvent avoir $0^m,25$ sur $0^m,40$. Les grenailles à en obtenir varient de 5 à 100 millimètres. La machine donne 140 à 200 coups par minute et, employant des minerais divers, quartzeux ou autres, peut fournir un rendement de 75 à 100 tonnes par dix heures de travail, avec une dépense de force motrice de 8 à 10 chevaux.

Les broyeurs à cylindres, qu'un grand nombre d'établissements anglais ont adopté, comme étant moins encombrants et d'un premier établissement plus économique que les bocards.

(1) Voir « Mémoires de la Société des ingénieurs civils, 1865-1866. »

Plus faciles à conduire et à régler que les pilons, pour obtenir régulièrement les grosseurs voulues, pouvant, dans un même temps, passer une plus grande quantité de matières, en évitant les menus qui disparaissent au bocardage, ces broyeurs doivent être recherchés dans les ateliers, bien compris, de préparation mécanique.

Toutefois, ces appareils ne peuvent être employés au lieu et place des concasseurs, qu'autant qu'ils servent au broyage de matières que les concasseurs ne pourraient pas préparer suffisamment. Les broyeurs à cylindres, composés de deux bâtis recevant les cylindres conduits par des engrenages, à la manière des laminoirs, sont d'une construction simple demandant surtout de la masse pour subir, sans ruptures fréquentes, les résistances importantes qui leur sont opposées. Un système de contre-poids, ou mieux de ressorts, permet d'éviter les accidents en réservant à l'un des cylindres un mouvement de recul déterminé, dans le cas où un morceau de minerai, trop gros ou trop résistant viendrait à s'engager entre eux. D'un autre côté, en vue d'éviter l'usure rapide des surfaces travaillantes, on peut garnir chaque cylindre d'une bague de fonte, coulée en coquille, ou d'acier trempé qui s'enlève et se remplace lorsqu'elle refuse le service.

La longueur des tables est très faible, afin d'engager de moins grandes quantités de minerais. Cette longueur dépasse rarement $0^{m}30$, tandis que les diamètres varient en raison de la grosseur des fragments qu'on doit soumettre au cassage. Ces diamètres, dont la limite inférieure descend rarement au-dessous de $0^{m},20$, peuvent atteindre jusqu'à $1^{m},20$, suivant le travail qu'on veut faire subir aux machines.

Lorsque les minerais peuvent être, dans l'intérêt de l'exploitation, séparés par catégories de grosseurs, ce qui a le plus souvent une importance extrême sur la direction des hauts-fourneaux, il convient de les soumettre à un appareil diviseur qui doit en amener le classement par séries distinctes.

Classement et tamisage. — Les tamis, les claies, les grilles placées et travers des patouillets peuvent permettre ce classement dans une certaine mesure. Mais les appareils tournants dits *trommels*, ou *classificateurs mécaniques*, paraissent devoir être aujourd'hui recherchés de préférence dans les exploitations bien comprises. Fondés sur le principe des blutoirs de meunerie, les trommels sont formés d'un cylindre, ou d'un tronc de cône incliné dont l'enveloppe est pourvue d'une garniture en grillage ou en tôle perforée. Ils reçoivent à l'intérieur les matières à classer pour les tamiser à l'extérieur, suivant le numéro du grillage ou la grosseur des trous percés dans l'enveloppe.

En principe, on se servait de divers trommels recevant successivement le minerai pour en obtenir le classement à diverses grosseurs.

Cette disposition, qui augmentait la dépense de main-d'œuvre, a été remplacée par les trommels séparateurs et les trommels classeurs. Les uns, effectuent un premier travail à la sortie du minerai des appareils broyeurs sous lesquels ils sont placés ; les autres, composés de plusieurs enveloppes permettent à chaque fragment de minerai de trouver le passage qui lui convient et de s'échapper, séparément, pour aller se réunir aux morceaux de même nature, que l'appareil doit isoler par séries déterminées.

Une telle organisation, bonne en elle-même, n'est pas sans inconvénients. Les enveloppes assez coûteuses s'usent rapidement, et malgré toute la régularité apportée dans le chargement, elles s'encombrent aisément, ce qui ne permet pas un classement toujours fidèle.

Divers appareils perfectionnés ont été appliqués en vue d'obtenir des résultats plus exacts : entre autres, l'appareil Boudehen, employé aux laveries de Pontpéan (Ille-et-Villaine) (1). Ce trommel est agencé à l'aide d'un cône à enveloppe pleine, pourvue intérieurement de garnitures concentriques, en tôle perforée, dans lesquels les trous les plus grands sont placés en tête de l'appareil. Chaque enveloppe, espacée de sa voisine, de $0^m,15$ environ, en est séparée par une rigole disposée en hélice de telle sorte, que les fragments les plus gros sont évacués au dehors, en suivant cette rigole, par un seul orifice, tandis que les grains qui ont traversé une première tôle perforée sont relevés pour être répandus successivement sur les tôles perforées suivantes. L'arbre fixe, sur lequel se meut le trommel, est disposé de façon à arroser constamment les matières traversant l'appareil.

MM. Huet et Geyler ont adopté une disposition analogue (2) qui évite la disposition assez compliquée des hélices et permet de multiplier les orifices de sortie, et, en même temps, d'opérer facilement le nettoyage en marche, ce qui est d'une certaine importance.

Ces ingénieurs, reconnaissent, néanmoins, que le trommel est d'un emploi et d'un entretien coûteux. Ils préfèreraient voir les exploitants revenir aux tamis, sauf toutefois, avec les perfectionnements que ces appareils exigent, pour produire beaucoup et à peu de frais.

Lorsque, après le classement, les grenailles doivent passer au criblage et même, lorsqu'on juge inutile d'opérer le classement, l'attention de l'exploitant doit se porter sur le système de cribles à adopter en vue d'obtenir les meilleurs résultats. Or, ces résultats consistent à cribler rapidement et avec le moins de frais possible de grandes masses de minerais, souvent assez pauvres, pour qu'on ait à craindre d'en élever la

(1) Voir « Bulletin de l'Industrie minérale, » t. VI, 4e livraison.

(2) « Mémoires de la Société des Ingénieurs civils, » 1865, 1er trimestre.

valeur, hors de toute mesure, avec le rendement en métal que ces minerais doivent donner.

Les cribles ordinaires sont de deux systèmes, l'un à grille fixe, l'autre à grille mobile :

Dans le premier, l'eau de lavage éprouve un mouvement alternatif qui soulève le minerai; dans le second, le minerai est secoué par la grille. Ces deux appareils, plus ou moins imparfaits, ont reçu divers perfectionnements. Ils paraissent néanmoins inférieurs au système dit *crible continu dègrossisseur,* auquel les ingénieurs, que nous venons de citer, accordent le mérite d'avoir constitué un progrès notable, en ce qu'il permet de traiter fructueusement des minerais pauvres, impossibles à travailler avec les appareils ordinaires.

Le crible continu se compose d'une cuve à eau, recourbée et divisée en deux compartiments, dans l'un desquels se meut un piston dont le mouvement alternatif imprime au liquide la puissance nécessaire pour que les matières légères, arrivant sans interruption dans l'appareil, soient constamment amenées à la surface et puissent déborder par quatre orifices, d'où elles s'échappent avec le liquide expulsé qui les entraîne.

Pendant que les parties pauvres sont ainsi dégorgées à la partie supérieure du système, les matières riches s'accumulent à la partie inférieure d'où on les fait sortir, lorsqu'elles se sont amoncelées en quantités suffisantes pour exiger l'évacuation utile de l'appareil.

Ce crible n'est, en réalité, qu'un agent dégrossisseur qui classe moins exactement que les cribles ordinaires; mais, en permettant de débarrasser les parties stériles du minerai, il avance le travail et ne laisse qu'une opération facile à obtenir des cribles finisseurs. Ceux-ci, dont le système est fondé sensiblement sur les bases du crible continu, que nous venons de décrire, et qui peuvent être au besoin des cribles ordinaires, n'ont plus à accomplir qu'un travail d'achèvement. Ils peuvent passer par vingt-quatre heures de travail 6 à 8,000 kilogrammes de matières déjà nettoyées, en partie, à l'aide des cribles continus.

A la nomenclature des appareils dont nous venons de parler, nous ne pouvons nous dispenser d'ajouter une courte description des bocards et des patouillets dont la plupart des usines françaises, situées sur les cours d'eau, n'ont pas cessé l'emploi.

Bocardage. — Si tous les hauts-fourneaux, notamment dans certaines contrées métallurgiques, comme les départements de la Haute-Marne, de la Meuse, et des Vosges, ne sont pas, autant qu'il serait nécessaire à leur prospérité, placés à des distances très rapprochées de leurs exploitations de minerais, quelques-uns ont, du moins, l'avantage d'avoir rencontré près de ces exploitations, les forces hydrauliques utiles pour

installer avantageusement des bocards et, par ce fait, d'avoir amélioré leurs conditions de production en n'arrivant à transporter, vers le lieu d'emploi, que les matières rigoureusement utiles.

Il est évident, en effet, que du moment où trois à quatre hectolitres de minerais en terre, ne doivent plus produire bocardés qu'un hectolitre, les frais de transport deviennent une question d'argent assez importante pour que le fabricant s'attache à en tenir un compte sérieux.

On bocarde généralement les minerais caverneux ou en rognons évidés, qui retiennent des parties de gangue que le lavage n'enleverait pas. Le plus souvent, ces minerais ont été soumis à un débourbage préparatoire, les bocards fonctionnant avec patouillets. Le nombre des pilons est en rapport avec la nature du minerai et en raison du travail qu'il exige pour être suffisamment écrasé. La durée de l'opération est réglée de manière à entretenir les patouillets.

Les bocards sont, sauf exceptions rares, d'une construction simple et quelque peu primitive. Cependant, on s'est aperçu qu'en les établissant avec une certaine exactitude, au point de vue de la construction, ils devaient résister davantage, exiger moins de dépenses d'entretien et de réparations, et surtout fournir une plus grande et meilleure production, dans un temps donné, que les appareils élémentaires construits, jadis, par des charpentiers de village.

La disposition générale d'un bocard, avec patouillet, est ainsi conçue à peu près invariablement :

L'arbre d'une roue hydraulique est muni d'un engrenage qui donne le mouvement à un autre engrenage conduisant un arbre à cames, destinées à soulever alternativement des pilons, en fer forgé ou en bois, garnis de semelles en fonte ;

La roue dentée de l'arbre des cames met elle-même en mouvement une troisième roue établie sur l'arbre des patouillets. Ceux-ci, composés de quatre barres de fer carrées, recourbées deux fois à angle droit, forment un croisillon qui occupe toute la largeur (4 à 5 mètres environ), d'une caisse ou auge demi-circulaire. Comme cependant, cette caisse peut être trop large pour que les barres de patouillets offrent assez de solidité en raison de leur grande longueur, il est facile de diviser l'auge en deux parties égales et, par suite, d'employer huit barres recourbées au lieu de quatre. Dans ces conditions, la batterie du bocard est composée de huit cames qui soulèvent alternativement huit pilons. Ceux-ci sont assujettis par un système de trois colonnes ou jumelles réunies par des traverses.

Le minerai amené près du bocard est jeté sous les pilons, d'où un courant d'eau l'entraîne dans les cuves du patouillet. Des échancrures suffisantes sont disposées à la partie supérieure des cuves pour servir de décharge et maintenir, à un niveau régulier, l'eau renouvelée con-

stamment par celle qui passe sous les pilons. Les figures 5 et 6 pl. I, donnent la disposition générale d'un des bocards dont nous parlons.

Quand l'ouvrier, chargé de la conduite de l'appareil, juge que le débourbage est suffisant et, qu'une assez grande quantité de minerai est amassée dans les cuves, il ouvre les dégorgeoirs placés au fond, pour laisser écouler l'eau et la mine dans un lavoir ordinaire où le lavage s'achève par le moyen du rable.

Chacun des côtés du bocard est desservi par trois hommes, l'un qui amène le minerai, l'autre qui le jette sous les pilons, le dernier, qui termine le lavage et enlève le minerai pour le transporter sur le parc.

Deux équipes, ainsi organisées, peuvent bocarder et laver douze à quinze mètres cubes par journée de dix heures, en admettant des minerais terreux ou à gangue moyennement argileuse. Avec les bocards, qui n'ont d'eau que pendant un ou deux mois chaque année, on travaille jour et nuit, et l'on peut obtenir presque 800 à 1,000 mètres, cubes par mois.

Dans les hauts-fourneaux de dimensions ordinaires, marchant en moulages, de la Meuse ou de la Haute-Marne, où la production atteint aujourd'hui 12 à 1,500 tonnes par année, il faut préparer, par le bocardage et le lavage 3 à 4,000 mètres cubes de minerais. Et comme les minerais fraîchement bocardés ne sont pas d'un emploi à rechercher, on doit pouvoir compter, par haut-fourneau roulant toute l'année, sur un approvisionnement toujours en parc de 8 à 10,000 mètres, au moins, si l'on veut brûler des minerais reposés ayant amélioré, sinon complété leur nettoyage, par l'exposition à l'air. Le travail du bocardage et du lavage se fait aux pièces. On donne aux ouvriers, dans les usines dont nous parlons, 1 franc à 1,25 par mètre cube de mine bocardée et lavée. Le prix est du reste, on le comprend, plus ou moins dépendant de la quantité et de l'espèce des terres mêlées au minerai. Dans tous les cas, il est d'usage de faire entrer, dans le prix au marchandage, l'enlèvement du minerai brut, amené des tas au pied des pilons et passant par toutes les opérations du boccard pour être reporté en tas sur le parc à mines.

Toutes les opérations de transport, à pied-d'œuvre, sont devenues aujourd'hui économiques par l'emploi des voies de fer portatives, soit qu'on transporte à la brouette, et qu'on se serve de rails creux en fonte ou en fer, établis sur longrines volantes, soit qu'on transporte par wagonnet sur des chemins à petite voie installés au moyen de rails légers à patins, du poids de 8 à 12 kilog. par mètre, ou même de fers plats de 0,05 à 0,06 sur 0,010 au 0,012 simplement entaillés et calés dans des traverses en bois. Il est certain que, partout, les exploitations des minerais trouvent des avantages importants comme célérité de travail et

comme économie de main-d'œuvre, et qu'on a renoncé, sauf exceptions rares, aux vieux modes de transport par les brouettes ordinaires ou par la voiture. — Voir les appareils et moyens de transport à la planche 20.

Les moteurs portatifs à la vapeur, facilement transportables et d'une installation facile, tendant à se généraliser de plus en plus, peuvent être appliqués avec succès aux bocards, partout où l'exploitation trouvera des amas d'eau suffisants, pour le lavage et manquant d'une force motrice naturelle.

Toutefois, il faut reconnaitre qu'un bocard, même bien construit et bien monté, prend une force assez grande pour qu'il soit plus profitable de l'exploiter par un moteur naturel. Il y a donc peu à attendre de l'application des bocards proprements dits, avec système de patouillets, selon ce qui vient d'être décrit, partout où l'on ne saurait disposer d'une force hydraulique. Sous ce rapport, sauf le cas où ils auraient subi des perfectionnements que nous ignorons, ces appareils sont susceptibles d'être abandonnés au profit des casseurs, des broyeurs et des autres systèmes nouveaux dont nous avons parlé.

Disons cependant que nous avons employé, avec quelques avantages, à Marquise, en 1858, des lavoirs à cuve en tôle munis de croisillons disposés comme dans les patouillets ordinaires et mis en mouvement par une locomobile de six chevaux de force. Ces lavoirs portatifs, d'une installation simple et relativement économique, sur les lieux d'extraction, pouvaient donner avec un service de quatre hommes, y compris le conducteur de la machine, un rendement de 30 à 35 mètres cubes de mine débourbée et lavée, par dix heures de travail, en opérant sur des mines très sales, contenant 70 à 75 0/0 de terre.

Dans ces conditions, la locomobile ayant à trainer, en outre, une pompe à deux corps du système Letestu, pour approvisionner d'eau le lavoir, on obtenait le mètre cube de mine lavée au prix de 1 fr. 30 environ, suivant le compte ci-dessous :

Charbon pour chauffage de la machine.	0.30
Entretien et amortissement des appareils	0.12
Un mécanicien — travail aux pièces	0.15
Quatre laveurs.	0.60
Deux aides	0.13
	1.30

Dans d'autres exploitations, on s'est servi également, avec l'aide d'un moteur à vapeur, d'un système de patouillet vertical employé à la fonderie de Ruelle, savoir : un arbre vertical pourvu de deux ou plusieurs tiges transversales portant des couteaux, disposés en façon de rateaux, se mouvant dans une auge circulaire en fonte. Cette disposition

exigeant moins de dépense de force motrice que celle à patouillets montés sur arbre horizontal, était trouvée très suffisante à Ruelle, où les minerais ne sont pas très chargés de terre et peuvent rendre au lavage 41 à 42 p.0/0, même jusqu'à 45 et 50 p. 0/0, comme ceux de Montmoreau.

Les minerais passant par ce lavoir dépensaient environ 0 fr. 70 par mètre cube, pour sortir suffisamment appropriés à leur emploi au haut-fourneau.

Aux lavoirs à bras qu'emploient les usines de la frontière belge, dans la Meuse, la Moselle et les Ardennes, la mine est repassée trois fois. Chaque lavoir peut nettoyer par jour 25 à 80 quintaux métriques qui coûtent par quintal 0 fr. 03 à 0 fr. 12, suivant la dureté de la gangue, le peu de richesse ou la saleté du minerai et l'abondance plus ou moins grande de l'eau dont on dispose.

En admettant une production moyenne de 45 quintaux métriques lavés par jour, on peut établir approximativement le prix de revient des minerais nettoyés comme suit :

Minerai en terre à prendre sur la minière, un quintal.	0.070	à 0.169
Transport de la minière au lavoir à raison de 0.033 par kilomètres et par quintal pour une distance de 3 kilomètres en moyenne.	0.099	
Multiplié par 3 quintaux de minerai à laver pour obtenir un quintal de minerai propre.		0.507
Main-d'œuvre de lavage sur 45 quintaux par jour.		0.060
Frais généraux, intérêts de la valeur des terrains, etc		0.053
Valeur du quintal de minerai lavé.		0.620

Dans le lavage au patouillet à deux cuves, le travail étant réglé de telle sorte que l'une des cuves commence un lavage pendant que l'autre cuve achève le sien, le prix de revient du minerai lavé est sensiblement le même, soit :

Minerai à laver, coûtant sur la minière, le quintal.	0.070	
Transport 0.03 par quintal sur une distance de 5 kilomètres en moyenne, les patouillets étant supposés plus éloignés que les lavoirs à bras, et en comptant 2 quintaux 1/2 sur le patouillet.		0.550
Main-d'œuvre de lavage, calculée sur 70 quintaux par jour.		0.035
Frais généraux, intérêts, etc.		0.055
Valeur du quintal de minerai lavé		0.647

Les frais de premier établissement sont plus élevés pour les patouillets que pour les lavoirs ordinaires, et par suite, les frais généraux sont augmentés. D'un autre côté, la production des patouillets peut être plus aisément développée, surtout, lorsqu'il s'agit de laver des minerais

peu chargés de terre. Autrement, s'il s'agit de minerais difficiles à débourber et exigeant un travail mécanique plus énergique et plus complet que celui des patouillets, on a recours, ainsi que nous avons dit plus haut, aux bocards, sinon, aux appareils spéciaux qui ont été décrits.

Les bocards à deux batteries, de cinq pilons chacune, donnent, en raison des minerais qu'ils préparent, une dépense relativement plus élevée que les patouillets. Cette dépense augmente, en effet, par suite du débourbage préparatoire qu'ont à subir les minerais préparés sur place avant d'être envoyés au bocard. D'un autre côté, elle est atténuée en partie par l'amoindrissement de la quantité nécessaire à transporter pour produire un quintal après le bocardage. Le prix de revient, calculé sur les mêmes bases que ci-dessus, peut s'évaluer ainsi :

Minerai à prendre à la minière, après débourbage préparatoire . .	0.120
Transport au bocard.	0.150
Soit pour le quintal	0.270
Et pour 2 quintaux 1/10e environ, sur le bocard.	0.567
Main-d'œuvre	0.050
Frais généraux, etc.	0.060
Valeur du quintal de minerai préparé .	0.677

Grillage. — Le grillage des minerais a pour but de séparer les minerais de fer du soufre, de l'arsenic et autres matières volatilisables, de chasser l'acide carbonique et d'enlever l'eau de mélange ou d'hydratation, dont ils sont imprégnés. On grille, par préférence, les minerais carbonatés ou hydratés, qu'ils soient compacts ou sulfureux, pour en faciliter la réduction et en augmenter le rendement.

Le grillage, pour les mines en roche et les minerais durs, économise les frais de cassage, et désagrégeant les morceaux très gros, les rend plus propres à entrer dans la composition des lits de fusion en même temps que plus accessibles aux gaz réducteurs.

Si le prix du combustible et la dépense de main-d'œuvre ne s'y opposaient, on ferait bien de soumettre au grillage la plupart des minerais (ceux en grains ou en poussière exceptés), afin de les diviser et d'en extraire l'eau qu'ils contiennent toujours en forte proportion.

Pour éviter le grillage, il suffit d'avoir recours pour les minerais, qui n'exigent pas absolument cette opération, à la macération produite par une exposition plus ou moins prolongée à l'air, laquelle peut suffire à des minerais en petits fragments ou déjà en partie désagrégés.

Le degré de chauffe au grillage doit être proportionné à la fusibilité des minerais. En forçant la température, on obtiendrait des scories vitrifiées qui, quoique très fusibles, ne seraient pas facilement réductibles.

D'un autre côté, avec une chaleur trop peu élevée, l'opération, en certains cas, n'atteindrait pas parfaitement son but. Le minerai ne serait calciné qu'à la surface et son noyau, non atteint par le feu, n'aurait profité d'aucun des avantages devant résulter du grillage.

Quand cela peut se faire sans frais extraordinaires, il est intéressant, à cet égard, de pratiquer un cassage préalable.

Le volume à donner aux fragments dépend naturellement de l'espèce des minerais. Cependant, il ne devrait pas dépasser trois à quatre décimètres cubes.

Quand la préparation par voie de macération, calcination ou grillage, a lieu dans de bonnes conditions, on peut compter qu'on retrouvera, en une économie de combustible, au haut-fourneau, une partie de la dépense nécessitée par ces opérations premières. Le rendement sera plus grand, la fusion plus rapide et la fonte de meilleure qualité.

Les procédés de grillage peuvent être divisés en trois catégories :

1° Le *grillage* en tas, à l'air libre ou entre des murs. Il suffit pour les matières en morceaux, ne demandant qu'une décomposition partielle. Les foyers de grillage à découvert sont simplement composés de murailles formant enceinte et ayant une élévation variable de 2 à 4 mètres. L'aire de ces foyers est pavée; on y dépose une couche de menu bois ou de braise, puis une couche de minerai, et l'on alterne ainsi les charges jusqu'à la hauteur des murs. On met le feu par le bas du fourneau, après avoir eu soin deménager, sur les quatre faces, des orifices pour activer la combustion. Le minerai grillé est retiré par des ouvertures placées à la base, lesquelles servent, plus ou moins fermées pendant le travail, à activer ou à modérer le feu;

Le grillage, sans autre mesure préalable que le pavage ou le dallage du sol, se fait à l'instar de ce qui se pratique pour la cuisson des fours à briques en plein air; il dépense plus de combustible et donne aux fragments qui avoisinent les parois extérieures du tas, un grillage moins uniforme et plus incomplet. On retire en effet, après la cuisson, un grand nombre de morceaux ou *crapauds*, qui, insuffisamment atteints par le feu, ne sont grillés que d'une manière imparfaite;

2° Le *grillage* au four à cuve, applicable à des minerais en masses d'un certain volume. L'oxydation dans ces appareils, est rarement complète, mais la calcination peut y être obtenue d'une manière uniforme. A l'intérieur de ces fours, le minerai est disposé comme dans les foyers à murs, par couches alternées de minerai et de combustible;

3° Le *grillage* au four à réverbère, est employé pour des matières relativement menues. Il donne un grillage aussi parfait qu'on veut l'obtenir.

Là, on opère comme pour la fusion du métal, les minerais n'étant pas en contact avec le combustible. Il faut avoir soin, toutefois, de

remuer de temps à autre la charge déposée sur la sole, afin que toutes les parties soient atteintes d'une manière égale.

Les fours à cuve les plus usités, sont ceux dits à charges stratifiées. Ils sont semblables aux fours à chaux, avec grilles fixes ou mobiles, quoique de dimensions généralement plus faibles. Leurs formes sont celles d'un cylindre, d'un cône tronqué ayant sa plus grande base vers le haut, ou d'une capacité ovoïde.

Ces deux dernières formes sont indiquées par les (fig. 1, 2, 3 et 4 de la pl. 1). Les dimensions, les formes d'ensemble ou de détails sont, du reste, déterminées par l'expérience, suivant l'usage des localités et la nature du combustible, bois ou houille, employé pour l'alimentation des appareils.

Le four (fig. 1 et 2), peut-être aidé par un courant d'air, au moyen de la communication *a a*, sur laquelle on établit un registre devant servir à régler le tirage ou à l'arrêter tout à fait. Les couches de minerais et de combustibles superposées s'appuient sur la grille de fond *c*. Le minerai est retiré par les deux orifices *o o*, au moyen d'un crochet en fer.

Le même four (fig. 1 et 2) peut être également chauffé par la flamme d'un four à réverbère, aussi bien que par l'action des gaz descendus dn gueulard des hauts-fourneaux. Au moment où je donnai, pour la première fois, ces indications en 1845, je ne pense pas que des appareils de ce genre fussent alors mis en pratique.

Aujourd'hui, en Suède, notamment, on opère dans des fours chauffés par des foyers spéciaux au bois, et le plus souvent, par les flammes perdues des hauts-fourneaux.

Les gaz débouchent dans une galerie circulaire d'où ils se répandent par une série de conduits débouchant dans des carneaux situés, depuis $0^m,80$ jusqu'à 1^m60, au dessus de la sole, suivant la hauteur des fours ; on retire les minerais douze à seize fois, par vingt-quatre heures, soit environ, 15 à 20 tonnes métriques.

Le four de l'usine de Danemora livre, en vingt quatre heures, 24 à 25 tonnes. Le grillage est très régulier, facile du reste à suivre et à diriger, avec l'aide d'ouvreaux et de registres placés à diverses hauteurs. On traite ainsi 5 p. 0/0 de plus qu'avec les fours à combustible.

Les fours à réverbère servent plutôt au grillage des minerais cuivreux, des blendes, des mattes de plomb et de cuivre et de la calamine. En Angleterre, on emploie les fours *Parkes* à double sole superposée et le four à sole tournante, qui servent, pour les minerais d'étain exploités dans le Cornwall. En Belgique, de même que dans d'autres contrées, on se sert de fours à air *Gerstenhofer* à section rectangulaire de $1^m,25$ à 2 mètres de longueur sur $0^m,75$ de largeur et d'une hauteur de $2^m,50$ à 4 mètres. Le minerai est amené au sommet du four par un distributeur pour, de là, descendre de chûte en chûte, à l'intérieur de l'appareil.

Celui-ci est garni sur toute sa hauteur de cloisons réfractaires formant des espèces de grilles à ressauts, disposées horizontalement et s'entrecroisant d'étage en étage.

En résumé pour les usines à fer, les appareils les plus simples et les plus usités en France sont encore les fourneaux à cuve, à charges stratifiées, chauffés avec des criblures de coke, du bois et même des fagots pour les minerais tendres. Il est évident que, suivant la nature de la matière, on doit diminuer ou augmenter le volume des charges, en raison de la qualité du combustible et de la densité, comme de la grosseur du minerai.

Lorsque les minerais sont sortis des fours à griller, il est bon de les étendre sur le sol par couches minces et de les laisser exposés à l'air pendant quelques jours. On doit même les arroser après le défournement et les éteindre dans l'eau pour achever, en les délitant, de les débarrasser de l'acide sulfurique.

Pour utiliser les débris fins du minerai, on les mélange avec un peu d'argile et on les façonne en espèces de briquettes qu'on jette dans les fours de grillage. On peut se servir aussi des criblures provenant du grillage en les agglutinant avec un lait de chaux assez épais, pour former des briquettes pouvant être jetées aux hauts-fourneaux, dans la proportion du 1/10e environ de la charge.

A Lavoulte (Ardèche), les fours à cuve renflée, employés pour le grillage du minerai rouge compact, ont les dimensions principales qui suivent :

Hauteur de l'appareil, de la sole au gueulard	5.50
Diamètre supérieur	3.55
— inférieur	1.10
Longueur du massif.	7.20
Largeur —	6.80

Ces fours produisent environ 15 tonnes de minerai grillé par vingt-quatre heures avec une dépense de combustible (houille) de 750 kilogrammes. Ils sont accouplés deux par deux et leurs dispositions intérieures sont sensiblement celles que nous montrons à la pl. I, figures 1 et 2.

Le prix de la main d'œuvre, pour le grillage, est d'environ 5 à 6 fr. par tonne de minerai grillé.

Aux usines de Vienne (Isère), où l'on grille les mêmes minerais qu'à Lavoulte, dans des fours coniques (fig. 3 et 4), on brule 7 à 8 p. 0/0 de houille. Le produit journalier de chaque fourneau ne dépasse pas 8 à 10 tonnes. Il y a des usines, en Angleterre, en Amérique, et en Suède, qui grillent par four et par vingt-quatre heures jusqu'à 20 à 25 tonnes de

minerais lithoïdes, avec une dépense de 4 à 5 0/0 de houille le plus souvent adhérente au minerai.

A Allevard, on a construit sur place, au milieu des exploitations de minerai, des fours à deux troncs de cône raccordés, sur une base commune, au ventre, ayant $4^m,30$ de hauteur, 1 mètre de diamètre à la sole et 3 mètres au gueulard, dimensions intérieures. Ces fours consomment du bois de forêt débité par bûches de $1^m,25$ à $1^m,50$ de longueur chargées alternativement avec le minerai en couches de $0^m,50$ à $0^m,80$ d'épaisseur.

La production de chaque four est, en vingt-quatre heures, de 4,500 à 5,000 kilogrammes de minerai grillé, avec 1 stère 88 de bois.

Dans l'Ariège, on emploie des fours beaucoup plus grands, qui grillent jusque 30 tonnes de minerai spathique, avec une consommation de 5,000 à 5,500 kilogrammes de bois. L'opération dure trois jours et la tonne de minerai grillé revient à 5 fr. environ. Un four chargé de 30,000 kilogrammes dépense en effet :

Bois, 5,000 kilogrammes à 20 cent. les 100 kilog. . Fr.	100	»
Frais de chargement	15	»
— de défournement et d'arrosage	10	»
— de surveillance pendant trois jours.	6	»
— généraux	13	10
Ensemble.	144	10

Le minerai, après grillage, a perdu environ 20 p. 0/0 de son poids.

A Marquise, où nous avions un seul four à cuve pour le grillage des minerais carbonatés de *Bainghen*, ce four produisait environ 5 tonnes par vingt-quatre heures, avec une dépense en frais de main-d'œuvre et de combustible, menu coke et poussières, de 4 à 5 francs par tonne.

En résumé, de ce que nous venons de voir touchant la préparation des minerais de fer, il faut retenir les bases qui suivent, comme indication des améliorations et des perfectionnements à chercher :

Emploi des gaz comme moyen de réduction préparatoire ;

Emploi du bois en nature, à éviter ou à perfectionner, dans les appareils de grillage, pour empêcher les chutes, par l'affaissement des charges, quand le bois se carbonise.

Faire porter au minerai, si possible son réductif, en broyant minerai et charbon et en mélangeant l'un et l'autre avec un lait de chaux ou de l'argile calcaire pour constituer des briquettes. On tirerait ainsi parti des menus combustibles de toutes sortes.

Une partie de peroxyde pur, consomme 0,1173 de carbone, pour se réduire, en supposant que tout le carbone soit transformé en acide carbonique.

Les minerais ordinaires renfermant 0,50 p. 0/0 d'oxyde de fer et

produisant 35 p. 0/0 de fonte, brûlent en moyenne 0,0586 de charbon pour se réduire. D'où il suit que pour obtenir une partie de fonte, la quantité de charbon consacrée à la réduction est de 0,17 au moins. Cette quantité serait doublée si le carbone et l'oxygène ne formaient en se combinant que de l'oxyde de carbone.

Donc, la consommation pour produire *un* de fonte étant entre 1 et 1,50, ce qui est nécessaire pour obtenir la réduction doit se trouver entre 1/6e et 1/10e du total.

On pourrait mêler au minerai, pour le réduire, de la sciure de bois, de la tourbe, du charbon de bois à l'état de fraisil, de la houille menue ou de la poussière de coke; puis, après avoir grillé fortement le minerai pour le concasser, le pulvériser et le mélanger plus facilement, faire des briquettes comprimées solidement par appareil mécanique.

Par là, tout au moins, pour les usines à moulage, on pourrait arriver à diminuer le volume des appareils de fusion et à les rendre plus faciles à conduire pour obtenir des produits réguliers, sauf à les multiplier en vue de développer le chiffre de production.

Telles sont les bases que nous préconisons, d'accord avec les indications de Berthier qui a traité, avec autorité, cette question vers 1840, s'étant rendu compte des facilités de réduction que donneraient de tels mélanges.

Fondants.

Il est peu de minerais dont on puisse opérer la fusion sans l'addition de quelque matière accessoire plus ou moins fusible, nulle dans le produit métallique, mais qui, ajoutée aux charges introduites dans le haut-fourneau, se joint aux matières terreuses, siliceuses ou autres, qui les accompagnent, pour former le laitier.

Cette combinaison, masse vitrifiée de nature essentiellement variable, est appelée à protéger le métal liquéfié à son passage aux tuyères. Plus léger que la fonte qu'il recouvre, le laitier surnage pour s'écouler pendant que le bain métallique se forme et remplit la capacité du creuset.

Le choix et la répartition des fondants sont déterminés par la nature des minerais que l'on doit traiter. Ils ont pour base la chaux, la silice, l'alumine et la magnésie.

Si les minerais sont siliceux et contiennent de l'alumine, il convient d'employer la *castine*, ou fondant particulièrement calcaire. On rencontre ce fondant à l'état pur, ou à peu près, dans les pierres à chaux et dans les débris de carrières de marbre qui, avant l'emploi, sont

brisés par morceaux dont la grosseur doit être équivalente à celle des plus gros fragments de minerais.

Dans quelques usines, on utilise un calcaire assez pur, sous forme d'un sable analogue à la grève des rivières; cette castine ne demande pas d'autre préparation que celle d'être passée au crible, ou tout au plus, d'être lavée dans des paniers en fil de fer tressé, afin d'en retirer les terres qui s'y trouvent mêlées.

Si le minerai contient lui-même, en quantités prononcées, des parties calcaires, il est utile de le corriger par un fondant marneux ou argilo-calcaire.

On peut éviter l'emploi spécial d'un fondant, en mélangeant, suivant des proportions diverses, des minerais dont les gangues peuvent compenser le flux absent, ou en ajoutant un minerai stérile, c'est-à-dire, d'un rendement en fonte à peu près nul, mais portant avec lui une certaine quantité de terres répondant aux besoins de la fusion.

L'importance du fondant ne peut être déterminée que par l'expérience. On ne saurait apporter trop de soin dans l'appréciation des quantités à admettre, la marche d'un haut-fourneau pouvant être singulièrement influencée par le mauvais dosage d'un élément qui concourt, d'une façon indispensable, à la réduction, à la liquéfaction, comme à la conversion du minerai en fonte et à sa conservation dans le creuset.

Le plus grand nombre des minerais employés en France, demande un mélange de castine. Le fondant froid ou *herbue*, d'un usage plus particulier, a pour but, suivant les errements des anciens fondeurs, de conserver, en aidant à les recouvrir d'une couche vitrifiée, les parois des hauts-fourneaux au charbon de bois, qui sont montés en sable.

C'est un peu par tâtonnement, et en se basant sur les analyses et les essais des minerais, qu'on parvient à régler la proportion exacte des fondants. Une trop grande quantité de castine provoque généralement de la fonte blanche; mélangée, en effet, aux minerais siliceux et à bases terreuses pour augmenter la fluidité du laitier, la castine est destinée à leur conserver le degré de calorique qu'ils doivent atteindre en arrivant au point de fusion. Mais, si une dose exagérée de fondant vient rendre très sensible la liquéfaction du laitier, celui-ci trop clair et trop coulant, ne suffit plus pour protéger la fonte à son passage à la tuyère. Il arrive alors que l'action du vent, sur le métal dépouillé, détermine une sorte d'affinage susceptible d'en dénaturer absolument la qualité.

L'insuffisance de fondant calcaire produirait l'effet contraire. Il en résulterait un laitier gras, pâteux, d'une température abaissée, laquelle, en outre du travail pénible que nécessiterait le hâlage d'un pareil laitier, hors de l'ouvrage du haut-fourneau, ne permettrait d'obtenir qu'une

fonte épaisse et louche dont une grande partie, perdue dans les scories, diminuerait sensiblement le produit réel. Le même inconvénient subsisterait, en employant *l'herbue* en trop grande quantité; celle-ci devant fournir elle-même un résidu pâteux de nature à épaissir le laitier et à amener consécutivement des obstructions dans l'avant-creuset et dans l'ouvrage.

De ce qui précède, on doit se dire : que l'examen des laitiers est le meilleur et le premier indice, pouvant indiquer si le fondant a été employé en proportion et en quantité convenables.

Pour qu'un laitier soit bon, il ne doit entraîner et retenir que peu d'éléments ferreux et ne pas être trop fluide et trop clair; il ne faut donc pas qu'il soit visqueux, épais, noir et trop dur, car, il obstruerait le fourneau, dont il altérerait infailliblement la marche, en dénaturant et diminuant le produit.

L'expérience a démontré que la fluidité des laitiers s'obtient en constituant les fondants de telle sorte que le poids de l'oxygène de la silice totale employée, relativement à celui des bases de la gangue, soit établi dans le rapport, 2 à 1.

En d'autres termes, il convient de former un laitier composé particulièrement de bisilicates dans les fourneaux où l'on brûle le charbon de bois.

Si l'on emploie du coke, la dose d'oxygène doit être la même d'un côté comme de l'autre; il ne se forme plus alors que des silicates moins fusibles que les bisilicates; mais, comme la température développée par le coke est plus élevée que celle due au charbon de bois, les laitiers peuvent atteindre encore le degré de fluidité des bisilicates.

A cet égard, il n'est pas sans intérêt de connaître l'analyse de quelques pierres calcaires qui sont de nature à être employées comme fondants dans les hauts-fourneaux. C'est pourquoi nous donnons le tableau qui suit :

	CHAUX	ACIDE carbonique.	OXYDE de fer.	SILICE	ALBUMINE	EAU	TOTAL
Pierre calcaire blanche . .	54.88	43.12	1.00	»	»	1.00	100.00
— — brune. . .	49.20	34.80	9.00	3.00	1.00	3.00	100.00
— — grise . . .	50.40	39.60	5.00	1.00	1.00	3.00	100.00
— — jaune. . .	37.80	29.70	24.00	1.00	3.00	4.00	100.00
— — écailleuse.	53.20	41.80	»	»	1.00	3.00	100.00

Il faut éviter l'emploi des carbonates de chaux mélangés de gypse ou imprégnés de pyrites. On doit préférer le calcaire argileux ou cer-

taines espèces de marne à la chaux pure, du reste, plus économique. Les fondants doivent être concassés en morceaux, à peu près de même volume que ceux des minerais. Sans compter la pierre calcaire, l'argile, le quartz et la marne, quelquefois la silice, il existe des minéraux, tels le horn-blende, la basalte, etc., qui ne sont pas employés en France, d'abord en raison de leur rareté et de leur prix, puis, parce que les minerais ne comportant pas ces matières peuvent être suffisamment traités avec les flux vulgaires, que la nature met en notre possession sous des formes plus simples ou plus économiques.

Il nous suffira donc d'ajouter, au tableau qui précède, quelques indications sur les fondants recherchés par quelques groupes métallurgiques français, en dehors des pierres à chaux ordinaires :

1° Castine employée au fourneau de la *Rivière*, près Pouancé (Maine-et-Loire); molasse coquillière de l'étage moyen des terrains miliaires, terreuse et tombant en poussière à la dessiccation; renfermant quelques fragments de coquilles et des ossements d'animaux siliciflés;

Carbonate de chaux	»	836
Sur quoi : Acide carbonique	0.368	»
— Chaux pure	0.468	»
Sable et argile	»	134
Eau, etc.	»	30
Acide phosphorique	»	traces.

2° Castine employée au haut-fourneau de la *Meilleraie* (Deux-Sèvres); renfermant une quantité d'ammonites dans le calcaire terreux qui forme la masse de la couche du liais;

Carbonate de chaux	816
Argile	150
Acide phosphorique	2
Eau	32

3° Castine, dite de marbre, employée aux hauts-fourneaux de Marquise;

Carbonate de chaux	96
Silice	1
Carbonate de magnésie	2

4° Castine, dite *Stinkalt* (calcaire gris compacte, employée aux usines de Marquise);

Carbonate de chaux	94
Silice	5
Magnésie	traces.
Fer	traces.

5° Castine, dite *oolithe calcaire grenue*, ou pierre à chaux, employée également en mélange, aux usines de Marquise;

Carbonate de chaux	975
Oxyde de fer	25

Nous continuerions ces citations sans profit pour nos lecteurs, puisqu'il s'agit après tout de trouver sur les lieux de la production de la fonte, des fondants toujours faciles à reconnaître parmi les éléments simples que nous avons indiqués, lesquels se trouvent sur notre sol, généralement à la portée de toutes les exploitations.

La question de composition des fondants à étudier, suivant leurs analyses, perd de son importance quand on emploie, ainsi que certaines usines font aujourd'hui, de la castine cuite ou autrement de la castine calcinée dans les fours, servant au grillage du minerai. Sans parler des avantages que l'état plus pur du fondant serait à même de donner, on peut admettre que, par ce procédé, les fourneaux se trouvant plus chauds, les charges doivent descendre plus vite, sans modification d'ailleurs, dans la qualité des produits.

Combustibles.

Les combustibles dont on fait usage dans les hauts-fourneaux sont principalement le charbon végétal qu'on obtient par la carbonisation du bois et le coke, qui provient de la carbonisation de la houille. Nous dirons seulement quelques mots du bois et de la tourbe.

Bois. — Le bois a été, pour un moment, avant l'introduction du coke dans les hauts-fourneaux, l'objet d'expériences nombreuses. On s'est demandé si l'on ne pourrait pas éviter la carbonisation et réaliser par là des économies sérieuses.

Malheureusement, les bois verts peuvent, suivant leur essence, renfermer des quantités importantes et variables d'eau ou autres principes liquides, même jusqu'à 40 ou 50 p. 0/0 de leurs poids. Cette proportion s'affaiblit, à mesure que le bois se dessèche et elle peut se réduire à 25 et même 20 p. 0/0, après un an de coupe.

C'est dans cet état, plus particulièrement favorable, qu'on a dû tenter d'employer dans les hauts-fourneaux, les bois mouillés et humides fournissant, en tout cas, moins de calorique que les bois secs.

Le bois convenablement empilé peut présenter environ 44 p. 0/0 de vides de son volume mesuré. Les marchands de bois admettent qu'un stère de bois dur, bien rangé, en grosses branches débitées, pèse entre 340 et 350 kilogrammes et que le bois de taillis peut descendre à 300 et même 250 kilogrammes. Les bois tendres pèsent beaucoup moins et

dans l'empilage en bûches ou en gros morceaux, le poids du stère ne dépasse guère 250 à 280 kilogrammes.

La distillation du bois, suivant les expériences de Berthier, donne :

Acide pyroligneux	44	Ensemble, 100 parties.
Huile empyreumatique.	10	
Gaz carboné	22	
Charbon	24	

Le pouvoir calorifique d'un bois ayant un an de coupe et contenant 25 à 30 p. 0/0 d'eau, peut être évalué entre 2,500 et 3,000 calories; ce chiffre étant susceptible d'être augmenté d'un tiers, quand il s'agit de bois très sec.

Le bois, à employer dans les hauts-fourneaux, doit donc être, pour se trouver dans les meilleures conditions, parfaitement desséché et divisé le plus possible. Il faut l'introduire par charges fréquentes, d'une épaisseur aussi grande que peuvent permettre la capacité du fourneau et la nature du minerai.

Le *bois torréfié* ou *charbon roux* constitue un état intermédiaire entre le bois et le charbon de bois.

Des expériences ont été faites dans la Haute-Marne et dans les Ardennes, sous la direction de l'ingénieur des mines, Sauvage, pour utiliser ce combustible particulier.

Par les derniers procédés employés, la carbonisation est faite en tas, à base rectangulaire, (fig. 6 et 7, pl. 2). La longueur du bois est de 0m,80 environ; l'empilage a lieu entre des piquets, sur 2m,25 de longueur et 1m,20 de hauteur; il se dresse par quatre assises sur la hauteur et en talus régulier, sur les faces latérales, pour retenir la couverture; le gros bois est placé à l'intérieur et les bois tendres sur les rives, autant que possible; la couverture est composée de feuilles, d'herbes et de terre, convenablement étalées et tassées à l'épaisseur de 50 à 60 millimètres; enfin, les tas se composent, en moyenne, de 5 stères de bois, et, un ventilateur est destiné à fournir l'air suffisant pour alimenter le fourneau, pendant la première période de la cuisson.

Cette sorte de meule, suivant qu'elle est poussée plus ou moins longtemps, entre deux et cinq jours, par exemple, peut donner à volonté du bois roux ou du charbon de bois. Si l'on veut, limiter le travail à la torréfaction, on l'arrête après vingt-quatre heures; on laisse refroidir et douze heures après, on retire du fourneau le bois qui, en cet état, a perdu environ 23 p. 0/0 de son volume et 36 p. 0/0 de son poids.

Charbon de bois. — La consommation importante que font les hauts-fourneaux marchant au charbon de bois, réclame du maitre de forges une

étude attentive de ce combustible. La plupart des usines qui l'emploient, procèdent à la carbonisation dans les forêts d'où le charbon arrive à l'usine par charroi en voitures légères, dites *bannes*, tressées en osier ou en ramilles.

Les renseignements que nous avons à donner sur l'exploitation et la carbonisation des bois, sont applicables de préférence aux directeurs de hauts-fourneaux, plutôt qu'aux marchands de bois qui dirigent leurs exploitations dans le but spécial de leur commerce, pour obtenir, soit des bois de chauffage, soit des bois de construction, soit du charbon pour l'approvisionnement des grandes villes.

Les différentes essences de bois dur, exploitées le plus communément en France, sont : le chêne, le hêtre, le charme, l'orme. On emploie cependant les bois blancs tels que le peuplier, le sapin, le pin, le mélèze, le tilleul, l'aune et le bouleau; mais les charbons provenant de ces bois, sont des charbons tendres et de mauvaise qualité. Employés seuls au haut-fourneau, ils ne portent qu'une faible quantité de minerai. Le pin est celui, de tous les bois tendres, qui donne les charbons les moins poreux. Le chêne fournit les charbons les plus durs et les plus pesants; mais on lui préfère très souvent le hêtre et le charme, dans les usines où l'on brûle des minerais en grains, notamment lorsque les charbons proviennent de quartiers, ou bien encore des débris obtenus par l'équarrissage des arbres. Ces charbons qui, quoique très durs, sont feuilletés par couches (comme le bois de chêne lui-même, lorsqu'il demeure longtemps exposé à l'air), retiennent des parcelles de minerai, surtout quand la machine soufflante manque de puissance. Dans ce dernier cas on est souvent forcé de retirer de l'ouvrage, pendant le travail, une grande quantité de charbon non entièrement consumé.

Le rendement des bois en charbon, est très-variable; il dépend de la nature et de la qualité des bois. Lorsque ceux-ci ne sont pas coupés en temps inopportuns, c'est-à-dire au moment de l'expansion de la sève, lorsqu'ils ne sont pas carbonisés trop verts ou *piqués* à la suite d'un long séjour dans la coupe, lorsqu'on ne les emploie pas malades ou à demi pourris, le produit en charbons doit être d'autant meilleur que la carbonisation n'a pas lieu dans de telles circonstances défavorables. Il est certain aussi, que les résultats doivent éprouver des variations nombreuses suivant les procédés employés pour carboniser.

Les chiffres suivants sont obtenus à la suite d'une série d'expériences faites plutôt pour en déduire des termes de comparaison entre les produits de différents bois, que des points maximum ou minimum du rendement de chacun d'eux.

Essence des bois.	Charbon.	Cendres.	Matières perdues.
—	—	—	—
Chêne.	0.230	0.025	0.745
Hêtre.	0.210	0.080	0.710
Charme.	0.185	0.082	0.733
Orme	0.195	0.080	0.725
Bouleau.	0.168	0.105	0.737
Aune (peu exploité) . . .	0.170	0.108	0.722
Peuplier — . . .	0.150	»	»
Sapin — . . .	0.182	0.162	0.756

Les essais ont été faits par la carbonisation en meules, sur des tas d'environ 2 mètres de diamètre, et avec des bois qui avaient à peu près deux mois de coupe. Ils ont été répétés à plusieurs reprises et l'on a trouvé peu de variation pour les produits en charbon. Les autres chiffres sont moins exacts, parce qu'il nous a été plus difficile d'obtenir la quantité réelle des cendres.

D'après Berthier, tous les bois non résineux, carbonisés dans les mêmes circonstances, rendent, à poids égal, la même quantité de charbon.

Les analyses de Sauvage, donnent pour la composition du charbon de bois 0,79 de carbone, 0,14 de matières volatiles et 0,07 de cendres. D'après les dernières expériences de Dulong, la puissance calorifique du carbone pur est 7,170, mais on peut admettre, suivant Sauvage, que la puissance calorifique du charbon de bois, fabriqué dans les forêts, est le 0,85 environ du carbone pur, elle serait donc 7,170, $\times$ 0,85 = 6,095. Selon Péclet, le pouvoir calorifique du charbon ordinaire varie de 6600 à 7000 unités.

Voici du reste, comme renseignement utile aux praticiens, un tableau des puissances calorifiques de combustibles employés dans les usines, et des quantités de chaleur rayonnées par ces combustibles en supposant leurs puissances calorifiques égales à l'unité.

DÉSIGNATION des COMBUSTIBLES	POUVOIRS rayonnants.	PUISSANCES calorifiques.	DÉSIGNATION des COMBUSTIBLES	POUVOIRS rayonnants.	PUISSANCES calorifiques.
Bois desséché à 100°.	0.28	3600	Tourbe à 0,20 d'eau .	0.25	3600
Bois ordinaire à 0,20 d'eau.	0.25	2800	Charbon de tourbe. .	0.50	5800
Charbon de bois . .	0.50	7000	Houille moyenne . .	Plus que le charbon de bois.	7500
Tourbe desséchée à 60°	0.25	4800	Coke à 0.15 de cendres		6000

Le poids du charbon varie suivant l'âge, la grosseur et la qualité du bois. Les mêmes inconvénients, qui nuisent aux produits de la carbonisation, se reproduisent pour altérer le rendement en poids du charbon.

Le charbon végétal est, comme on sait, très avide d'eau, et l'humidité qu'il absorbe est une des causes principales des différences sensibles qu'on remarque dans sa pesanteur.

Voici des bases moyennes résultant du pesage de charbon ayant déjà quelques mois de séjour en halle :

Charbon de chêne	20 à 24 kilog.	l'hectolitre.
— de hêtre	25 à 28	—
— de charme.	22 à 24	—
— de pin et de sapin.	18 à 22	—
— de peuplier, mélèze, tilleul, etc.	14 à 18	—

Le résultat de ces pesages tend à prouver un fait, dont l'évidence est d'ailleurs démontrée, savoir, que les charbons de bois tendres sont tendres eux-mêmes et moins pesants que les charbons de bois durs. Le contraire ne pourrait arriver qu'au cas où les charbons de bois tendres auraient absorbé beaucoup trop d'humidité, pour laquelle ils ont plus d'affinité que les charbons durs.

Vers les mois de septembre et d'octobre, quelque temps avant les ventes de bois, l'employé spécial, commis au service des charbons, se rend dans les coupes les plus rapprochées de son usine et dans celles qu'il pense exploiter le plus avantageusement; c'est alors qu'il commence les *estimations*.

Les estimations de coupes exigent de la part de ceux qui s'en chargent, une grande habitude. Deux ou trois personnes, placées sur une même ligne, se partagent la coupe, par portions égales, en la parcourant transversalement. On prend séparément chaque arbre, chaque portion de taillis, et on estime, à vue d'œil, combien ils peuvent produire de bois de charbonnette, de bois de construction et de ramilles. On a soin de marquer, lorsqu'on les a estimés, les arbres limites du terrain parcouru par chacun, afin qu'ils ne soient pas examinés une seconde fois et, quand on est parvenu ainsi, à l'extrémité de la coupe, on revient sur ses pas en se partageant de nouveau les parties non contrôlées.

Lorsque l'opération est terminée, le commis aux bois réunit toutes les estimations et fait le relevé de la quantité approximative de bois qui pourra être carbonisé; les bois fournis par les troncs, les fagots faits avec les ramilles et les souches, dont on ne pourrait pas tirer du charbon, sont ordinairement vendus, à prendre sur place, par le maître de forges qui n'en trouve pas l'emploi dans ses usines. On consigne d'ail-

leurs, sur le cahier d'estimations, des notes renseignant sur les difficultés et la valeur de l'exploitation, sur les débouchés qui sont réservés pour les charrois dans la coupe et hors de la coupe, sur la nature du terrain, de laquelle dépend beaucoup la bonté de la cuisson, sur les essences de bois qui dominent, sur la quantité d'arbres réservés par l'Administration et sur les soins à prendre pour les conserver, enfin, sur la proportion dans laquelle se trouve le gros bois par rapport au taillis.

Suivant la marche qu'on veut imprimer à un haut-fourneau, il est aisé de calculer ce qu'il lui faut de charbon de bois pour un approvisionnement d'une durée déterminée. Les hauts-fourneaux en moulages, qui produisent 100 à 120,000 kilogrammes de fonte par mois, peuvent consommer, par an, environ 7 à 8,000 mètres cubes de charbon, soit à peu près, entre 20 et 25,000 stères de bois, dit de *charbonnette*.

C'est, muni de son cahier d'estimations et, sachant d'avance le prix qu'il peut mettre aux coupes qui lui conviennent, bien que souvent la concurrence les lui fasse payer plus cher, que le maître de forges se présente aux adjudications. Il arrive qu'une même coupe étant convoitée par plusieurs acheteurs, est laissée, en effet, à celui auquel des conventions amiables l'ont concédée avant l'adjudication, ou bien elle devient quelquefois l'objet d'une enchère qui la fait monter à un prix beaucoup plus élevé que sa valeur réelle. Le prix de la corde de bois (2 stères), dans les bonnes localités et de la Champagne, de la Lorraine, se maintient entre 5 et 10 francs, soit 2 fr. 50 à 5 francs le stère, lorsque le désir de faire une redoutable concurrence aux voisins, ou le besoin absolu de compléter leur approvisionnement, n'amènent pas les maîtres de forges à pousser les enchères à un taux extraordinaire.

L'estimation des bois, toutes les coupes étant achetées à l'hectare, a une grande importance sur le prix d'achat puisqu'elle doit déterminer la quantité fort variable de cordes que l'hectare doit produire.

Après l'achat des coupes de bois, vient commencer l'*exploitation*. Les arbres et le taillis sont abattus, et le bois est classé suivant la destination qu'on veut lui donner. Il est préférable, lorsqu'on en a la facilité, de scier les arbres le plus près possible du sol au lieu de les abattre à la hache, cette dernière opération étant beaucoup plus dispendieuse que la première, sous le double rapport du temps et du produit.

On emploie, aujourd'hui, des scieries portatives et autres machines à débiter le bois, très-perfectionnées, qui rendent le travail de l'exploitation plus simple, plus facile et surtout plus économique.

Lorsque les arbres sont coupés et dépouillés de leurs branches, dont une partie est convertie en bois de charbonnette et l'autre en fagots;

on scie les troncs, réservés à la carbonisation, par *blocs* ou *billes* qu'on fend en quatre, six ou huit morceaux suivant leur grosseur; les bois piqués ou morts sur pied, impropres à la carbonisation, sont mis à part, lors de l'empilage.

Le bois, destiné à la carbonisation, est scié à la longueur moyenne de $0^m,66$ et on l'empile par cordes de 2 stères. Il y a lieu de choisir pour l'empilage un terrain bien plat, afin que la vérification des cordes soit rendue plus facile.

Le prix accordé aux coupeurs, varie entre 0,75 et 1 fr. par corde; on s'entend à l'amiable avec eux pour le sciage des troncs, pour la confection des fagots, pour l'amas des copeaux. Les empileurs reçoivent 0,20 à 0,30 cent. par corde.

Quand l'empilage est achevé, et après la réception des cordes, il reste à s'occuper de la carbonisation comprenant : le *dressage en fourneau* et la *cuisson;* ces opérations sont confiées à deux classes d'ouvriers, les dresseurs et les charbonniers, qui ont l'habitude de se réunir pour travailler en société. Au besoin, cependant, le charbonnier fait l'office de dresseur.

On carbonisait anciennement les bois dans les forêts, en *fosses*, en *tas* ou en *meules*, dont les dispositions sont reproduites par les figures 3 à 9, pl. 2. Les deux premiers procédés ayant été à peu près abandonnés, nous nous occuperons particulièrement de la carbonisation en meules.

Pour cela, il y a lieu de choisir un emplacement où le charroi des cordes est facile, où le chargement des charbons est commode, où l'on a l'eau à proximité pour les différents besoins de la carbonisation, et surtout, où l'on dispose d'un terrain à l'abri des courants d'air, sans aucune humidité, et dont le sol est sec sans être ni trop compact, ni trop léger; ces conditions s'obtiennent difficilement réunies; c'est à l'ouvrier habile d'utiliser les meilleures ressources qui lui sont données.

Si le sol, où l'on doit cuire, est formé de terres légères, la combustion est souvent imparfaite, parce que l'air pénètre par la base et vient gêner le charbonnier dans la conduite de son fourneau. Si, au contraire le sol, argileux et serré est susceptible de se durcir par la chaleur, les vapeurs humides, dégagées par l'échauffement du bois, restent dans la meule faute d'issue pour s'échapper, éteignent le feu et produisent une grande quantité de *fumerons*. On peut, néanmoins, remédier à ces deux inconvénients en composant une aire convenable avec des branchages recouverts de plusieurs couches de terre grasse ou de terre légère, suivant les circonstances. Le recouvrement supérieur de la base ainsi préparée, et qu'on appelle *faulde*, se compose d'un mélange de terre et de *fraisil*.

Le dresseur plante au milieu de la faulde un poteau, autour duquel il range le bois par couches concentriques, après avoir eu soin de placer au pied de ce poteau, quelques branchages facilement inflammables : c'est là qu'il mettra le feu dirigé par un canal qui est ménagé au niveau du sol, pénétrant jusqu'au centre, sur toute la circonférence du fourneau. A différentes hauteurs, de semblables canaux fermés par des rondins placés horizontalement, sont disposés pour pouvoir régler la marche du fourneau,

Quand la première couche de bois est établie sur la faulde, en plusieurs enveloppes concentriques, dont le nombre varie avec le diamètre qu'il veut donner à la base, le dresseur dispose, les unes sur les autres, plusieurs couches successives qui donnent à la meule la forme d'un cône dont la hauteur est environ la moitié du diamètre.

Il faut avoir soin de garnir, en les plaçant, les parties creuses des unes par les parties saillantes des autres et de réserver, pour en former les enveloppes extérieures de la meule, les plus petits rondins qui peuvent se serrer et remplir les vides plus aisément que les gros. Cette précaution est nécessaire pour éviter le déchet qu'apporteraient des charbons trop petits qui, placés au centre de la meule, seraient cuits les premiers et infailliblement brisés par l'affaissement qui se produit pendant la cuisson. Par la même raison, il ne faut pas négliger de placer au dressage, les bois durs au centre du fourneau et les bois tendres en dehors, aussi bien que dans la partie supérieure, où la combustion ne dure que peu de temps et n'est pas aussi sensible.

Les dresseurs, pour éviter un affaissement trop subit, plantent dans le sol des piquets verticaux qui retiennent les rangs extérieurs. Quelle que soit, du reste, la manière de dresser le fourneau, soit en inclinant toutes les couches vers la perche verticale du milieu, soit en dressant autour de cette perche une petite meule en bois debout, qu'on entoure par des couches placées horizontalement, il est toujours nécessaire que les bûches soient placées en rayons dirigés vers le centre.

Le fourneau ainsi garni, doit être recouvert d'une couche de feuillages, de mousse ou de gazon, sur laquelle on jette une autre couche de terre assez grasse pour adhérer à la première, mais cependant, pas assez forte pour se crevasser à la chaleur. Quand l'ouvrier ne rencontre pas les terres qui lui conviennent, il cherche les moyens d'obtenir de bons résultats, en faisant les mélanges nécessaires. Il doit donner à la couverture de terre une épaisseur de 0m,05 à 0,03 centimètres; les meules de bois humide ne devant pas être aussi fortement couvertes que celles de bois sec.

De la nature des terres, composant la couverture, dépend l'inclinaison à donner aux meules. Suivant que les terres sont grasses et résistantes

ou légères et susceptibles de s'ébouler facilement, les meules affectent une forme plus ou moins aplatie.

C'est seulement, après toutes ces opérations terminées, que le charbonnier met le feu au point central de la meule et que commence le travail de la carbonisation. Comme il est nécessaire d'obtenir, autant pour chasser les vapeurs que pour entretenir la combustion, un grand développement de chaleur aussitôt que la cuisson est en train. il est bon de mettre le feu dès le point du jour, afin de pouvoir surveiller plus facilement la marche du fourneau. Le talent du charbonnier est de savoir porter également la combustion sur tous les points de son fourneau; il doit le garantir du vent ou des forts courants d'air, en l'entourant de paillassons qui servent à maintenir l'atmosphère environnante dans un état régulier.

Le succès de la carbonisation dépend de l'embrâsement rapide et uniforme du fourneau. Quand des vapeurs humides et jaunâtres viennent se montrer à la surface de la couverture, c'est un indice presque certain de l'ignition entière de la meule. Il est rare, alors que les cendres produites par les matières ayant servi à allumer le feu et le retrait des bûches qui commencent à subir la dessication, n'occasionnent pas quelques éboulements.

Pour prévenir les suites de tels accidents, le charbonnier refoule le bois ou les charbons par une ouverture pratiquée au sommet de la *calotte* de la meule, et il remplit le trou qu'il a fait avec quelques bûches recouvertes de fraisil et de terre. Il garnit de gazon et de terre, les crevasses ayant pu se montrer à la couverture, qu'il raffermit en la battant tout autour avec le plat d'une pelle. Il lui suffit de laisser le fourneau dans cet état pendant deux ou trois jours, en ayant soin de maintenir uniformément la combustion et de donner de l'air au moyen des soupiraux, lorsqu'il juge, par l'affaissement, que la carbonisation d'une certaine partie de la meule est en retard.

Un tirage trop fort, tout autant qu'une combustion lente, compromettrait l'opération.

Au bout de quatre ou cinq jours, quand il est certain que la carbonisation est assez avancée dans les parties basses de la meule, l'ouvrier peut donner du tirage à la partie supérieure; puis enfin, tasser cette partie à l'aide d'une perche, pour faciliter l'affaissement et éviter les cavités qui, en donnant retraite à l'air, enflammeraient le charbon.

Lorsqu'enfin la cuisson touche à son terme et que la flamme commence à s'échapper par quelques-uns des soupiraux de la base, il est bon de la provoquer dans les endroits du fourneau où elle ne se montre pas, en perçant des trous dans la couverture et en bouchant ceux où le tirage est trop vif. Enfin, lorsque le charbonnier juge qu'il est néces-

saire d'arrêter l'embrasement, il tamponne toutes les ouvertures et il recouvre la surface de la meule d'une couche de terre humide.

En cet état de choses le fourneau, abandonné à lui-même, se refroidit pendant environ vingt à vingt-quatre heures, après lesquelles les couvertures étant enlevées, on retire les charbons en les étalant sur le sol.

Alors, seulement, on peut constater les résultats de la carbonisation. Le charbon est bien cuit lorsqu'il est dur, compact, sonore, et lorsque sa cassure est brillante.

S'il est trop cuit, il est tendre, friable, nullement sonore et absorbant facilement l'humidité; si, au contraire, il n'est pas assez cuit, il casse difficilement ou brûle avec flamme blanche, fumeuse; on peut dire qu'imparfait, il est à l'état de fumeron. Cependant, il est préférable encore de l'obtenir ainsi, plutôt que de l'avoir trop cuit.

Le diamètre ordinaire des meules dans la partie de la France dont nous parlons, varie entre 4 et 8 mètres; ces meules contiennent 40 à 60 stères de bois. Cependant, dans certaines forêts, on carbonise le bois par meules de 12 à 14 mètres de diamètre, contenant de 100 à 150 stères.

On est peu d'accord sur les avantages qui résultent des plus ou moins grandes dimensions données aux meules. Il est certain que des fourneaux qui contiennent 120 à 150 stères, par exemple, doivent donner un produit plus important et plus économique que des petites meules de 50 à 60 stères. Mais il ne faut pas se dissimuler que la conduite de l'opération présente de plus grandes difficultés. Que le charbonnier n'apporte pas tous ses soins et la plus active surveillance à la cuisson, on peut craindre de voir la qualité des charbons devenir moins bonne, et le produit plus faible que dans les petites meules.

Le volume du charbon produit, comparé à celui du bois carbonisé, est variable; il dépend des procédes employés et de l'habilité du charbonnier. Par la carbonisation en meules et dans les localités ordinaires, un bon charbonnier ne doit pas mettre plus de 5 stères de bois pour 2 mètres cubes ou 2 kilolitres; il en est souvent qui ne mettent pas plus de 4 stères 1/5 et même 4 stères, lorsque les emplacements sont très convenables pour la cuisson et que les bois sont de bonne qualité.

Le dressage en fourneaux est payé à raison de 0 fr. 30 à 0 fr. 35 par corde de 2 stères; l'ouvrier dresseur restant chargé de la faulde. La cuisson est calculée sur le prix de 0 fr. 30 à 0 fr. 35 le mètre cube.

La composition et la disposition des fauldes formant les fonds des fourneaux exercent une certaine influence sur les produits. Pour éviter l'humidité et même la présence de l'eau dans les endroits marécageux ou susceptibles d'être inondés, on cherche à sécher le sol en y brûlant des bois morts, des étêles ou des ramilles. Si l'on ne parvient pas à l'assainir,

il faut disposer la faulde sur un grillage formé par de grosses branches ou par des troncs d'arbres serrés les uns contre les autres et recouverts d'une couche de terre et de fraisil. On peut même écarter le grillage de $0^m,12$ ou $0^m,15$ centimètres du sol, en le plaçant sur des cales en bois ou en moellons.

Le plus souvent, on dispose les fauldes horizontalement. Quelques charbonniers leur donnent une légère pente du centre à la circonférence, afin de favoriser l'écoulement de l'eau provenant de la dessication des bois et de la condensation des vapeurs.

Une bonne disposition serait celle d'une faulde dont les bords viendraient s'incliner vers le milieu, c'est-à-dire, ayant la forme d'un cône renversé, dont la hauteur serait $0^m,10$ à $0^m,25$, suivant le diamètre de la base. On pourrait ménager au centre, un canal souterrain pour l'échappement des gaz et, si la localité le permettait, on établirait cette faulde en briques maçonnées, même en fonte, ce qui permettrait d'opérer plusieurs cuissons sur différents emplacements.

Le poids moyen de l'hectolitre de charbon, obtenu par la méthode ordinaire et sur des fauldes horizontales dans diverses coupes exploitées en 1842, par les propriétaires de l'usine de l'Abbaye-d'Evaux, était de 24 kilogrammes.

Les places à fourneaux ayant été changées et disposées en forme concave, leurs parois inclinées vers le centre, toutes les autres parties de la carbonisation restant les mêmes, on obtint avec des essences de bois semblables à celles qui avaient produit l'hectolitre à 24 kilogrammes, du charbon pesant en moyenne 21 kilogrammes l'hectolitre. Les produits avaient donc subi, par le changement de fauldes, une perte de 3 kilogrammes par hectolitre, mais, en revanche, ils avaient gagné en volume, la banne de charbon étant obtenue avec 5 stères 10 c., par le premier procédé, et avec 4 stères 60 c. par le second.

Les figures 1 et 2, planche 2, représentent la disposition d'une faulde, telle que nous l'indiquons. Elle se compose d'une aire en briques, ayant la forme d'un cône très évasé et dont le sommet est renversé. Un récipient placé au centre et recouvert d'une plaque en fonte qui ne le ferme pas entièrement, est destiné à recevoir les produits de la condensation. Ces produits sont conduits par le canal *a a*, jusqu'au réservoir *b*, placé en dehors de la faulde, et dans lequel se rendent l'acide et le goudron. Pendant la carbonisation, le réservoir *b* est hermétiquement bouché, de manière à interdire tout courant d'air.

Dans les hauts-fourneaux où l'on ne tient pas à recueillir les substances qui proviennent de la distillation, on dispose, sous la faulde, plusieurs canaux qui se coupent et qui reçoivent à travers de petits

orifices laissés entre les briques, toutes les vapeurs qui se condensent. Pour plus de convenance, la faulde peut-être établie sur un terrain friable de $0^m,50$ ou $0^m,60$ d'épaisseur constitué au moyen de fraisils, de laitiers broyés ou de terres légères. Nous avons employé sur ces terrains des fauldes en fonte de la forme de celle que nous venons de décrire, et percées d'un grand nombre de petits trous. Elles avaient environ $3^m,50$ de diamètre sur $0^m,30$ de profondeur pour le passage des gaz et étaient coulées en quatre secteurs réunis par des brides et des boulons.

La figure 3 donne la coupe verticale d'une meule empilée à bois debout ; c'est le système le plus généralement employé.

La figure 4 est une meule à bois couché ; les bûches sont rangées en rayons par couches horizontales, autour d'un noyau en bois debout, placé au centre et composé de deux ou trois enveloppes, suivant les dimensions qu'on veut donner à la pile. A mesure qu'on élève les couches horizontales, on leur donne un diamètre plus faible, afin que la meule ait une forme arrondie qui puisse retenir la couverture.

La figure 5 est une meule, dite *meule mixte*, parce que dans cette meule, les couches en bois debout sont alternées par des couches horizontales. L'avantage que présenterait cette disposition, serait celui d'obtenir à chaque étage des gradins servant à retenir la couverture du fourneau ; mais, d'un autre côté, l'affaissement moins régulier que dans le système précédent, lorsque la carbonisation approche de son terme, ne permet pas aussi bien de diriger le feu et d'éviter le déchet.

Le charbon est chargé presque immédiatement après l'ouverture du fourneau dans les voitures appelées bannes, dont nous avons déjà fait mention. Il faut cependant s'assurer qu'il est assez reposé, pour qu'on n'ait pas à craindre de le voir s'embrâser pendant le transport, ou même après l'entrée en halle.

Lorsqu'une banne de charbon est arrivée à l'usine, un des côtés de la voiture est soulevé par un cric, deux roues sont enlevées et la banne est renversée au moyen d'un levier. On reçoit alors le charbon en le mesurant à l'hectolitre. Étant connue la quantité qu'un voiturier peut amener et quand après plusieurs vérifications, on s'aperçoit qu'il y a peu de variation, on se contente de s'assurer à vue d'œil pour les voyages suivants, s'il a le même chargement que de coutume et si sa banne n'a pas subi de changements. Certains voituriers essaient de tromper en modifiant l'apparence de leur banne ; ce sont ceux-là qu'il faut mesurer très souvent et dans les moments où ils n'y comptent pas. Aujourd'hui, toutes les usines ont des ponts à bascule, qui rendent les vérifications plus faciles et plus simples, étant entendu qu'on se rend compte de la relation entre le poids et le volume des charbons.

Nous insistons sur ces détails, parce que le mesurage des charbons, au moyen du 1/2 mètre cube, deviendrait fort coûteux et fort difficile à

pratiquer, lorsque les rentrées se succèdent rapidement, et aussi parce qu'on manque d'autres moyens convenables pour vérifier les arrivages. Le poids des charbons est, en effet, trop variable pour qu'on puisse songer à la vérification par le pesage.

Le charbon, à son arrivée à l'usine, doit toujours être mis à couvert. Il faut choisir pour la construction des halles ou magasins à charbon, des endroits exempts d'humidité, comme aussi à l'abri d'une trop grande sécheresse. Les halles doivent être construites sans piliers à l'intérieur, avec des charpentes très simples pour faciliter l'emmagasinage; on n'y ménage pas d'autres ouvertures que de grandes portes où entrent les premières bannes arrivées, parce qu'on les décharge de suite à l'intérieur, et quelques fenêtres basses qu'on laisse au-dessus des portes, pour achever de remplir la halle lorsque les charbons sont parvenus à cette hauteur.

Quand la circulation n'est plus libre dans la halle, les bannes sont renversées devant la porte, puis le charbon est entassé jusqu'au dessous des combles, par des ouvriers qui le portent avec des rasses et qui établissent des chemins en planches, pour ne pas l'écraser en marchant. Un ouvrier spécialement affecté à ce genre de travail, doit être avec un seul aide, chargé de la rentrée des charbons. Il n'y a lieu de lui adjoindre des ouvriers aides, que dans les cas peu communs où l'on carbonise en même temps dans plusieurs coupes et où les arrivages sont nombreux. Ce travail, qui exige plus de précautions que de savoir-faire, peut être confié à des manœuvres dont la journée est de 1 fr. 50 à 2 francs.

Le transport des charbons est payé aux voituriers par accord fait avec eux, et suivant les difficultés qu'offrent les chemins qu'ils ont à parcourir, quand les coupes sont placées dans un rayon de huit ou dix kilomètres, aux environs de l'usine. Cette distance passée et lorsqu'ils voyagent sur les routes ordinaires, on leur donne ordinairement 2 francs par myriamètre et par banne de deux kilolitres.

Pour fixer les idées, nous résumerons en quelques lignes l'enchainement des opérations que nous venons de décrire, savoir :

1° Achat des coupes de bois par hectare, suivant l'estimation des employés chargés des bois;

2° Coupe des bois et triage de ceux dits de *charbonnette*, travaux qui, s'ils sont mal faits, influent sur les résultats de l'estimation ;

3° Empilement des cordes, d'après lequel sont payés les ouvriers coupeurs et empileurs;

4° Dressage en fourneau, payé aussi par la réception de l'empilement;

5° Carbonisation payée au mètre cube, suivant la production du bois en charbon;

6° Transport des charbons au mètre cube ;

7° Réception à l'usine, suivant laquelle sont payés les charbonniers et les voituriers.

Il est facile de voir qu'à part les soins généraux qu'exigent les opérations désignées, les points essentiels pour le maître de forges, sont la réception des cordes après l'empilement et celle du charbon à son entrée à l'usine. Que l'ignorance, où la négligence, viennent toucher ces deux points, et la banne de charbon subit une augmentation sensible.

En dehors de l'exactitude indispensable aux réceptions, on ne doit pas cesser d'apporter une surveillance de tous les instants aux travaux de préparation du charbon. C'est, entre tous, aux procédés de carbonisation qu'on doit accorder la plus grande attention, car c'est par eux, surtout, qu'on peut amener d'importantes améliorations dans la qualité et dans le prix de revient du combustible végétal.

Torréfaction et carbonisation du bois en vases clos. — La nécessité d'obtenir les charbons économiquement a engagé, dans ces derniers temps, un grand nombre de maîtres de forges à faire de nombreux essais sur la carbonisation. Dans presque toutes les expériences qui ont été faites on a trouvé, comme on devait s'y attendre, des variations sensibles, soit pour le produit en volume, soit pour le produit en poids. On a obtenu souvent l'un, quand on n'avait pas l'autre; mais, rarement on est parvenu à acquérir le double avantage du benéfice en poids et de celui en volume.

On avait pensé d'abord que la carbonisation, en fours clos, était appelée à procurer une grande économie dans la production du charbon. On a fait, pour y arriver, de très grandes dépenses et les appareils construits ont été pour la plupart abandonnés. Il a fallu considérer la carbonisation en vases clos, plutôt comme une opération chimique, consistant à extraire les produits accessoires, acides et huiles, que pour fabriquer industriellement du charbon de bois.

A part certains procédés qui constituent une espèce de carbonisation à four clos, avec des parois mobiles qui s'affaissent, en même temps que le volume du bois qu'elles recouvrent vient à diminuer; et, entre autres, le procédé Turck (fig. 8), encore employé, sauf modifications, en raison de son extrême simplicité et parce qu'il n'exige pas de fosses, nous ne voyons rien de plus particulier à indiquer, que ce qui vient d'être dit, quant à la fabrication du charbon de bois, au point de vue du sujet qui nous occupe.

De la tourbe. — Ce n'est pas le lieu de parler ici de la recherche et de la formation de la tourbe, de son extraction, de sa dessication, de sa préparation par moulage ou autrement, ni même de sa carbonisation. Celle-ci s'opèrant en fourneau à découvert et en meules comme il y a lieu

pour le bois et la houille, ou bien encore en foyers clos, qu'ils soient en métal ou en maçonnerie.

Quoiqu'on ait fait la tourbe, qui n'a encore en France qu'un petit nombre d'exploitations sérieusement industrielles, n'a pu être acclimatée dans le travail des hauts-fourneaux. Employée dans tous les cas rarement et plutôt pour le grillage des minerais que pour leur réduction, ses applications n'ont pas assez d'intérêt pour que nous puissions nous y attacher longtemps.

Par la carbonisation à l'air, en meules, nous avons obtenu à Marquise, avec des tourbes du Pas-de-Calais et de la Somme, un rendement de 20 p. 0/0 en poids. Dans les fours Appolt ou analogues, un rendement de 35 à 45 p. 0/0. Ce rendement dépend beaucoup de la qualité de la tourbe, de sa densité et de sa richesse en matières combustibles. Dans le tableau plus haut, on trouve des indications sur la puissance rayonnante et calorifique de la tourbe à divers états.

Les tourbes de bonne qualité dans lesquelles l'élément végétal domine et qui contiennent peu de terre peuvent donner, sur 1,000 parties, jusque 600 parties de charbon; d'autres, au contraire, ne fournissent que 200 ou 250 parties, tout au plus. La moyenne, en considérant les tourbes susceptibles d'être carbonisées, peut se tenir entre 40 à 45 p. 0/0 de charbon produit.

La tourbe des Ardennes, carbonisée en grand dans des fours en maçonnerie donne, suivant des essais faits par les ingénieurs des mines, un produit de 44 p. 0/0, qui se compose de 0,43 de carbone, 0,32 de matières volatiles et combustibles et 0,25 de cendres; des tourbes terreuses des marais de Foug, dans la Meuse, aux environs de Toul, nous ont donné un rendement de 40 0/0 en poids et seulement de 16 p. 0/0 en volume.

Le charbon de tourbe, même dans les meilleures conditions, est généralement friable et léger. Il brûle très vite quand il est sec et difficilement quand il a pris de l'humidité. Un charbon obtenu par une bonne tourbe rendant 40 p. 0/0 de coke avec 15 p. 0/0 de cendres, donne lui-même, à l'emploi, 38 à 40 p. 0/0 de cendres ; ce qui, en réalité, est un faible résultat. Une tourbe moulée, très compacte et presque sans terre, ne donnerait pas beaucoup plus. Des essais ont été tentés pour obtenir mieux, en employant la carbonisation de la tourbe mélangée avec du goudron et comprimée en briquettes. Ces opérations n'ont pu qu'élever le prix de revient du coke de tourbe, sans profit, et n'en ont pas fait pour le travail de la fonte un combustible, jusqu'à présent, d'un sérieux intérêt. C'est tout au plus si l'on y a trouvé et si l'on y trouverait des résultats passables dans les localités où la tourbe abonde et où elle pourrait être employée sur place, de préférence au charbon de bois ou à la houille.

De la houille et du coke. — Les principaux bassins houillers de la France sont ceux de la Loire, de l'Aveyron, du Dauphiné et du Centre. Il faut y ajouter les exploitations du Nord et du Pas-de-Calais, qui ont pris, depuis vingt-cinq à trente ans, des proportions considérables. Encore aujourd'hui, un grand nombre d'industries françaises s'approvisionnent à l'aide de houilles étrangères, anglaises ou belges. Cependant, les hauts-fourneaux et les grands établissements métallurgiques vivent des ressources de nos houillères, à de très rares exceptions près.

Les minéralogistes divisent la houille en houille brune, houille noire et houille éclatante ou anthracite. Ces trois divisions se partagent en un grand nombre d'espèces qu'on désigne suivant leur forme, leur couleur ou leur texture.

La houille noire est celle qu'on emploie le plus dans l'industrie; on la classe en trois variétés distinctes, la houille sèche, la houille maigre et la houille grasse. On ne carbonise ordinairement que la houille maigre et la houille grasse. La houille sèche ne peut être carbonisée seule; elle donnerait un charbon sans consistance et complètement friable. Pour lui faire subir la carbonisation, on est obligé de la combiner avec une des deux autres espèces, en proportion convenable, pour que le mélange puisse s'agglutiner. Le produit de la carbonisation de la houille a pris le nom de *coke*, d'un mot anglais, qui veut dire charbon cuit ou en partie brûlé.

Les houilles grasses sont celles qui sont susceptibles de fournir le plus de charbon. Il en est qui donnent jusqu'à 80 p. 0/0 de coke boursouflé, tandis que les houilles maigres, ou les houilles sèches mélangées, ne produisent le plus souvent que 50 à 60 p. 0/0.

Le poids de la houille est variable, suivant les localités et suivant la nature des gisements. Celui du coke, soumis à un déchet plus ou moins élevé, qui est la conséquence de sa fabrication, n'est pas toujours en rapport avec le poids de la houille qui a servi à le produire. On peut consulter à titre de renseignements les poids moyens de l'hectolitre ras, de houille et de coke, donnés ci-après, et qui sont recueillis aux sources principales, où les usines françaises sont à même de faire leurs approvisionnements :

Houille	du bassin de Brassac.	l'hectolitre	85 à 88 kilog.
—	du bassin de la Loire.	—	82 à 85 —
—	du Nord et de la Belgique.	—	80 à 82 —
—	de Blanzy..	—	85 à 87 —
—	du Creusot, ...	—	79 à 80 —
—	maigre de Châlonne (Maine-et-Loire). . . .	—	76 à 78 —
—	de Decazeville.	—	77 à 78 —

Coke de Rive-de-Gier, lavé	l'hectolitre	40 à 42	kilog.
Le même, cuit en petits fours, ...	—	34 à 36	—
— des usines à gaz.	—	30 à 35	—
— des houilles du bassin de Mons..	—	34 à 35	—
— des houilles du Pas-de-Calais.	—	35 à 40	—

La carbonisation de la houille a lieu, en tas et en meules, comme celle du bois, ou bien dans des fours construits exprès.

Pour carboniser la houille en grand, on la disposait anciennement par meules coniques. On a préféré depuis, afin de pouvoir en carboniser une plus grande quantité à la fois, le dressage en tas allongés à bases rectangulaires. Cependant, encore aujourd'hui, on carbonise par meules, les houilles dites en gailleteries. On dresse les gros morceaux par rangées, en les appuyant les uns contre les autres comme il est fait pour le bois, puis on garnit les espaces restés vides, en les remplissant de houille menue. Le premier rang est appuyé contre une perche placée au centre et garnie de quelques fagots qui servent à allumer.

Selon le volume de la meule, et la nature de la houille, la cuisson peut durer vingt-quatre à trente-six heures. Il convient de donner de l'air par des trous espacés comme dans la carbonisation du bois, et de fermer ces trous à mesure que la combustion s'avance. Les progrès du feu sont constatés par l'aspect de la flamme qui sort de la cheminée du milieu ; cette flamme accompagnée d'abord de fumée fort épaisse, diminue successivement, devient plus claire et finit par prendre une couleur bleuâtre annonçant que l'opération est terminée. C'est le moment d'ouvrir circulairement plusieurs évents dans la meule et d'arroser l'intérieur, pour éteindre le coke qu'on laisse reposer pendant quinze à vingt heures avant de le tirer.

La carbonisation en tas, de la houille en gros morceaux, est conduite à peu près de même façon, que celle adoptée pour les meules. On met les fauldes à l'abri de toute humidité, et si le terrain n'est pas convenable, on établit un fond de terre grasse, battue en pisé, ou même en briques maçonnées sur champ, et légèrement inclinées, pour laisser de l'écoulement à l'eau.

Les fragments de houille sont dressés par rangées, posées les unes sur les autres, et maintenues au moyen de deux lignes de pieux. Une cheminée d'appel est placée à l'opposé du point d'allumage d'où la flamme circule par un canal traversant toute la longueur du tas.

La carbonisation en tas permet d'opérer sur de plus grandes masses de houille que celle en meules, peut être avec plus de déchet, mais en donnant des produits plus compacts et de meilleure qualité. Les houilles grasses, carbonisées en meules, produisent en poids 45 à 50 p. 0/0 de coke, et seulement 40 à 45, lorsqu'elles sont traitées en tas.

La houille menue est carbonisée, de préférence, en tas allongés, en fourneaux découverts ou en fours clos. Quel que soit le procédé en usage, il ne faut pas négliger, de bien tasser le charbon et de le mouiller préalablement pour que les vides d'aérage, devant servir à diriger la combustion, ne se bouchent pas par l'affaissement.

Le combustible est disposé en fourneaux, dont la base est rectangulaire et dont la section verticale est celle d'un trapèze. On place dans la longueur du tas, un rouleau horizontal dont le diamètre peut avoir $0^{m},08$ à $0^{m},10$, contre lequel d'autres rouleaux viennent s'appuyer transversalement en s'inclinant, et qui, retirés alors que le tas est achevé, laissent des espaces vides destinés à servir de courants d'air et d'évents. La mise en feu du fourneau, ainsi disposé, et la conduite de l'opération se pratiquent de même façon que pour la carbonisation de la houille en gros fragments.

La houille menue carbonisée, soit en meules, soit en tas, peut rendre 45 à 50 p. 0/0 de coke. La moyenne de carbonisation d'une année, aux usines de *Terre-Noire*, près Saint-Étienne, a donné 43 p. 0/0, tous déchets déduits.

La fabrication du coke, dans les fours découverts, a lieu entre quatre murs, ce qui facilite l'entassement de la houille ; on a soin, comme pour les meules et les tas, de disposer des canaux servant à l'échappement des gaz et à l'entretien de la combustion.

Dans les usines de la Loire, la fabrication en tas coûtait par le travail à la journée :

Pour la construction des tas.	1 fr. 65
Pour la carbonisation.	1 00
Pour défaire les tas	0 85
Pour l'enlèvement du coke	0 40
Pour l'entretien des outils et ustensiles.	0 20
Total par tonne.	4 fr. 10

En comptant sur une fabrication de 14 à 15 tonnes par vingt-quatre heures.

Par le travail à la tâche, les frais ci-dessus peuvent descendre :

Pour main-d'œuvre de toute nature et enlèvement du coke. .	2 fr. 60
Entretien des outils et ustensiles	0 15
Total par tonne.	2 fr. 75

La carbonisation entre des murs, telle qu'elle était pratiquée au Creusot, en 1840, donnait avec des ouvriers à la tâche, un prix de revient de :

Main-d'œuvre de carbonisation	10 fr.	67
Enlèvement du coke	1	40
Bois et charbon pour la mise au feu.	2	38
Outils	0	80
Total pour une tonne	15 fr.	25

Vers la même époque, la carbonisation avait lieu à Rive-de-Gier dans de grands fours elliptiques, et, bien que la main-d'œuvre fut chère et que les ouvriers fussent payés à la journée au lieu de l'être à façon, les produits en coke ne coûtaient pas plus de 2 fr. 55 cent. les 1,000 kilogrammes, savoir :

Main-d'œuvre de carbonisation	1 fr.	90
Entretien des fours et outils, frais généraux, etc., etc. . . .	0	50
Frais de direction et de surveillance.	0	15
Total pour 1,000 kilogrammes. .	2 fr.	55

En France, on emploie encore des fours elliptiques, dits *fours anglais* (fig. 10 et 11, pl. 2), qui ont deux portes pour faciliter le chargement et le déchargement de la houille, et des fours circulaires, dits *fours français* (fig. 12 et 13, 15 et 16, pl. 2), qui n'ont qu'une porte, et où l'enfournement a lieu par la partie supérieure de la voûte. Dans ces fours, l'air est introduit par une galerie qui débouche à l'extrémité et sur les deux côtés des parois verticales, tandis que dans les fours anglais, il n'arrive que par des ouvreaux ménagés dans chacune des portes.

La voûte des fours est établie en briques réfractaires. Le reste est construit en maçonnerie de moellons, jusqu'au niveau de la sole, laquelle se compose de briques posées de champ sur une épaisseur de sable de $0^m,05$ d'épaisseur environ, qui recouvre la maçonnerie inférieure.

La façon d'un four anglais peut coûter de 80 à 120 fr., et le prix de revient total s'élève à 6 ou 700 francs; celle d'un four français est payée 60 à 70 fr., et le prix total peut s'élever à 4 ou 500 fr.

Les dimensions moyennes, sont :

Pour les fours elliptiques : 5 mètres longueur, $2^m,75$ largeur, $1^m,25$ hauteur de la voûte, $0^m,40$ diamètre de la cheminée.

Pour les fours circulaires : $2^m,40$ diamètre intérieur, 1 mètre hauteur de la voûte, $0^m,30$ diamètre de la cheminée.

Les charges par vingt-quatre heures sont d'environ 2,500 à 2,800 kilogrammes pour les fours anglais, et de 900 à 1,200 pour les fours français ; elles augmentent de moitié par quarante-huit heures.

La houille est enfournée à la pelle et avec des rables qui l'étendent

sur la sole. Le défournement se pratique au moyen de crochets ou de râtelets, comme (fig. 14, pl. 2).

Depuis quelques années, la question de fabrication du coke a été beaucoup travaillée, notamment en France et en Belgique, plus encore qu'en Angleterre.

Nous nous contenterons d'une revue rapide. En France, on a essayé les fours à coupole *Dubochet*; les fours à cornues de la *Compagnie Parisienne du gaz;* les fours dits de boulangers, rangés par lignes et adossés avec une ou deux ouvertures de chargement et deux orifices de déchargement ; les fours rectangulaires du Creusot, à deux larges ouvertures extrêmes, de même section que celle des appareils, permettant un défournement mécanique, à peu près instantané; les fours rectangulaires à parois et sole chauffées, dits *de Forbach;* ceux de *Brunfaut*, appliqués en Belgique et ceux de *Smits*, directeur des hauts-fourneaux de Châtelineau dans lesquels, à la forme du four de boulanger, on a substitué la forme prismatique, avec des fours jumeaux placés dos à dos, la flamme de l'un chauffant l'autre. L'enfournement se fait dans ces fours par une trémie placée sous la voûte.

Les derniers fours Smits, construits à Couillet, donnent avec la houille broyée environ 75 p. 0/0 de coke, ceux de Brunfaut ne produisant que 67 p. 0/0.

Les fours, dits de *Gendebien*, directeur des mines de Montigny-sur-Sambre, perfectionnés d'après ceux qui précèdent et construits en France, pour être plus ou moins abandonnés depuis, coûtaient environ 500 francs pour la construction et produisaient une tonne de coke, avec une dépense de main-d'œuvre de 1 fr. 15 environ, pour fabrication.

Puis, sont venus, toujours dans le même ordre d'idées, les fours *Dulait;* les fours *Fromont* et autres qui, nés successivement en Belgique et introduits dans le Nord de la France ont vécu, plus ou moins longtemps, et vers 1870 étaient déjà devenus plus ou moins rares.

Les fours *Smet* ont succédé à ceux-ci, construits en Belgique avec les perfectionnements *Gilbert* et *Cheneux;* à sole et à parois chauffés ces fours, de construction coûteuse et d'entretien difficile, dépensaient pour tous frais de main-d'œuvre, une somme plus que minime 0,15 à 0,25 par tonne de coke produit. Les fours Smet ont été appliqués aux exploitations du Creusot et d'Anzin.

Une comparaison entre les fours Dulait, les fours Smet, les fours Cockerill, système Smet, avec des perfectionnements, et les fours elliptiques, pourra servir à fixer les idées sur ces différentes dispositions:

	Durée de la cuisson.	Charge en charbon.	RENDEMENT DU CHARBON en Coke.	Petit coke.	Fraisil.	Matières Fixes.
	—	—	—	—	—	—
Fours Dulait	37 heures.	3.300 kil.	71.34	1.26	3.88	76.48
— Smet perfectionnés	38 —	2.800 —	72.11	1.38	3.96	77.45
— Cockerill.	48 —	2.600 —	67.16	2.17	3.24	72.57
— elliptiques	48 —	4.100 —	63.19	2.19	3.70	69.08

Nous ne dirons rien des fours *Talabot*, dont on ne parle plus aujourd'hui et qui, procédant des précédents, chargeaient 4,000 kilogrammes par four, avec cuisson en vingt-quatre heures et pouvaient donner, entre 64 et 65 kilogrammes de coke p. 0/0.

La carbonisation de la houille a fait depuis, de nouveaux progrès, par l'application des fours à gaîne verticale, *Appolt*. Dans ce système, dont les *Annales des mines* ont donné vers 1857-1859, une description fort ample, l'inventeur se serait attaché à réaliser les conditions suivantes:

Diviser la masse de houille en proportions plus faibles qu'elle n'existe dans les autres fours ;

Créer une grande surface de chauffe au moyen de cloisons verticales doubles, laissant entre elles des espaces vides où les gaz dégagés, puissent être brûlés et circuler à l'aise dans toutes les parties de ces espaces ;

Laisser sortir les gaz à la base des compartiments et les y faire brûler de telle sorte, qu'en s'élevant, ils viennent échauffer uniformément toutes les parties intérieures du four ;

Éviter, par l'amoindrissement des surfaces extérieures des appareils, et la disposition des portes de déchargement et de chargement, le plus possible de la déperdition du calorique développé.

Les fours Appolt, perfectionnés après les premiers essais, ont été installés à Marquise. On en a construit depuis, au Creuzot, en Belgique et aux usines de Wendel à Hayange.

Ces appareils forment des groupes pouvant comprendre 12, 18 et même 24 fours à compartiments verticaux de section rectangulaire ayant une hauteur de 4 mètres environ et une section supérieure, celle du chargement, de $0^m,35$ de côté, se raccordant par des briques étagées avec la section rectangulaire normale de chaque four, laquelle a $1^m,16$ sur $0^m,37$ pour devenir $1^m,25$ sur $0^m,45$ à la base et permettre ainsi le défournement.

Les fours de Marquise ont coûté, matériel, accessoires compris pour le chargement et le défournement, environ 2,000 francs par four, dans les groupes de douze compartiments. Ce prix est descendu à 1,700 fr. pour des massifs à dix-huit compartiments. Ces appareils ont été sensiblement améliorés, eu égard aux premiers fours construits à Sarrebruck et à Rive-de-Gier.

La maçonnerie d'un four neuf demande quinze à vingt jours de chauffage, par un feu modéré d'abord, puis augmenté à mesure que le séchage avance. La charge d'un compartiment est de 1,250 kilogrammes de houille. La carbonisation dure vingt-quatre heures dans chaque compartiment, le déchargement ayant lieu successivement. La main-d'œuvre revient à environ 1 fr. 20 par tonne de coke, savoir :

Préparation et apprêtement des appareils et du charbon.	0.45
Chargement et déchargement des fours, extinction du coke dans les wagons, etc..	0.35
Chargement en wagon par brouettes et plan incliné	0.40
	1.20

Des houilles ne produisant, dans les fours elliptiques que les usines de Marquise entretenaient à Jemmapes, pas plus de 70 à 72 p. 0/0, donnaient, dans les fours Appolt, jusqu'à 78 et 80 p. 0/0.

En réalité, partout ailleurs, suivant la qualité des houilles grasses, employées lavées, on a compté une plus-value de rendement entre les appareils anciens et les fours Appolt, variable entre 6 et 10 p. 0/0.

Les fours Appolt, quand ils peuvent être adossés de façon à être desservis directement, sans l'intermédiaire d'un monte-charge, doivent être considérés comme constituant un progrès réel dans le travail de carbonisation des houilles. Sans doute ils sont susceptibles d'être modifiés et perfectionnés ; mais il faut admettre qu'ils ont déterminé l'adoption d'un principe qui restera, si l'on tient compte, en outre, des facilités de chargement et de déchargement, celui des fours verticaux, se chauffant les uns les autres par l'emploi des flammes perdues.

Les fours Siémens, appliqués à divers usages métallurgiques et industriels, ont fait depuis un chemin rapide, sous la double désignation de *fours à gaz et à chaleur régénérée*. Le but, cherché par l'inventeur, consiste à reprendre la chaleur perdue, par entraînement avec les produits de la combustion, pour l'utiliser à nouveau dans le foyer où elle a pris naissance. En un mot, la note élémentaire du système est celle-ci : Employer le combustible et brûler jusqu'à la limite la plus extrême, les gaz qu'il peut fournir par la combustion. Sur ces bases, l'appareil Siémens comprend une chambre génératrice, devant produire les gaz combustibles, et quatre ou plusieurs chambres régénératrices, pouvant fonctionner alternativement, deux par deux. Deux chambres servent à chauffer les gaz en même temps que l'air nécessaire à la combustion ; deux autres à refroidir, en retenant leur chaleur, les gaz brûlés qui s'échappent du foyer.

Nous ne donnerons pas la description, ni la marche d'un four Siémens pour la production du coke métallurgique ; le procédé n'étant pas,

ce nous semble, appelé à beaucoup d'avenir, dans ce sens. Tout au plus, reconnaît-on en Angleterre, qu'il peut convenir à la carbonisation des menus, des poussiers et des déchets de charbon maigre. Toutefois, comme se prêtant à la carbonisation, il peut fournir des gaz dont l'emploi utilisé ailleurs, pour chauffage d'appareils à air chaud ou d'étuves dans les fonderies, nous ne devions pas oublier d'en parler.

En somme, les caractères généraux de ces appareils remarquables, sont fondés sur une donnée tellement décisive : faire rendre au charbon le plus médiocre, tout ce qu'il peut donner, comme développement de calorique, qu'on ne saurait dire jusqu'à quel point en profiteront les besoins multiples de la fonderie, tels que réduction, recuits, chauffage et séchage, calcination, etc. Déjà, du reste, des métallurgistes et des industriels se sont emparés de ce système dans la fabrication du fer, du zinc, du verre et autres matières.

Ceci dit, il nous reste peu de chose à noter au sujet de la carbonisation de la houille. Ce que l'on doit vouloir dans l'installation des fours à coke, se résume en peu de mots : qualité à chercher au point de vue de l'emploi au haut-fourneau et au cubilot, ni trop dure, ni trop friable, pouvant s'accommoder à la réduction et à la fusion du métal en même temps que résister à la pression du vent ; quantité à produire en vue d'une consommation déterminée, tous frais d'établissement étant proportionnés suivant l'importance des combustibles à employer.

Les appareils, recherchés en France pour la carbonisation de la houille ont été, depuis quelques années, les systèmes qui suivent :

Fours horizontaux. — Système Talabot servant pour la fabrication du coke et la production du gaz ;

Fours Dubochet ;

Fours Smet, ou les mêmes, perfectionnés par Buttgenbach ;

Fours Coppée.

Fours verticaux. — Appareils du système Appolt.

On s'occupe beaucoup aujourd'hui de l'épuration des charbons, les hauts-fourneaux et les fonderies employant, pour la plupart, du coke lavé. Le lavage des charbons est, depuis longtemps, pratiqué en Angleterre, dans les usines du Cumberland, entre autres. Chez nous, les forges de Decazeville paraissent avoir usé de ce procédé, les premières. On a construit des laveurs, des trieurs, des épurateurs de toutes sortes ; les uns sous forme d'appareils simples et élémentaires, comme les caisses avec tables a eau courante, les caisses à piston, employées à Saint-Étienne en 1837, et enfin, les appareils Bérard qui, participant des différents systèmes, se sont montrés très-compliqués d'abord, pour arriver, plus tard, à une simplicité relative. Ces appareils comprennent un broyeur, un élévateur, une grille à secousses, une

pompe à eau et des bacs à laver. Tous droits de brevet compris, l'installation première peut monter à 30 ou 35,000 francs.

L'appareil peut fournir une moyenne de 20 tonnes de charbon cassé, nettoyé, épuré et lavé, par journée de travail, en donnant des déchets proportionnés à la quantité des charbons, schistes, poussières ou boues entraînées par le lavage. La dépense par tonne de charbon est d'environ 0 fr. 25.

L'appareil *Meynier* est plus simple. Décrit dans les *Annales des Mines* en 1859, il comprend :

La pompe avec sa machine locomobile;

Une caisse en tôle où se rendent l'eau et la houille;

Une autre caisse en tôle dans laquelle la houille est soumise à des secousses continues;

Des caisses en bois où le lavage s'exécute par entraînement des matières;

Le deversoir.

Le prix de cet appareil revient à 12,000 francs environ. Deux laveurs peuvent produire par jour environ 100 tonnes de houille lavée, avec une dépense de 0 fr. 24 par tonne, comprenant tous frais de main-d'œuvre, entretien des appareils et frais généraux.

D'autres appareils dérivés de celui de Meynier, ont été montés en Belgique et en France, aux houillères de Denain et d'Anzin. Nous nous bornerons à citer l'appareil Évrard, d'une grande puissance, mais d'un prix élevé, à la portée seulement des exploitations les plus importantes. Cet appareil peut laver jusqu'à 4 ou 500 tonnes par jour, à un prix de revient ne dépassant pas 0 fr. 20 à 0 fr. 25 par tonne lavée pour toute main-d'œuvre, depuis l'introduction de la houille dans la trémie, jusqu'à sa sortie et son chargement en wagonnets.

Nous ne parlerons pas des systèmes de défournement employés pour les fours à soles horizontales, quelle que soit leur disposition. Le Creusot, et d'autres établissements, ont fourni des types de défournement mécanique à peu près généralisés, aujourd'hui, partout.

La rentrée du coke en halle, demande les mêmes soins que celle des charbons de bois, si l'on veut éviter les déchets. Les magasins à coke, peuvent être de simples hangards, séparés par des cloisons en maçonnerie en vue de diminuer les chances d'incendie.

Comme le charbon de bois, le coke est d'un meilleur usage au fourneau, quand il a pu reposer en halle. Cependant, s'il y reste trop longtemps, il perd de sa qualité et devient plus friable. Autant que possible, il convient de l'employer après un mois ou deux, au plus, de séjour en magasin.

Les déchets que subissent les cokes après la carbonisation, sont d'autant plus importants que le combustible est moins compact et, par con-

séquent plus friable ; ils dépendent aussi des difficultés de la main-d'œuvre, pour la rentrée en halle, et du cassage qui leur est nécessaire, lorsque les fragments sont trop gros pour être employés tels, aux hauts-fourneaux. Ces déchets varient entre 12 et 15 p. 0/0, ceux du charbon de bois pouvant aller de 12 à 20 p. 0/0, selon l'essence et la qualité des bois, les résultats de la carbonisation, les transports et l'emmagasinage.

De l'anthracite. — L'attention s'est portée sur la fabrication de la fonte par le moyen de l'anthracite, qu'on avait essayé déjà dans les travaux métallurgiques. C'est surtout en Angleterre et en Amérique qu'on s'est occupé de l'application de ce combustible. On a trouvé que la production du fer cru quand on emploie l'anthracite seul, était possible avec l'air chaud et qu'on pouvait obtenir ainsi de bonnes fontes. Cependant, jusqu'à présent, l'anthracite est demeuré à l'état d'exception comme emploi au haut-fourneau.

En France, dans l'Isère, on a fait des essais pour fabriquer la fonte avec un mélange d'anthracite et de coke. La proportion reconnue convenable, pour un bon roulement, fut celle de sept parties d'anthracite et de trois parties de coke, mais on ne put parvenir, avec les appareils mis en œuvre, à obtenir de la fonte à l'anthracite brûlé sans mélange. L'anthracite de Lamure employé à Vizille, contient 91,30 carbone ; 2,70 cendres ; 6,00 matières volatiles. Il brûle difficilement et décrépite sans fumée.

Un anthracite du pays de Galles donne à l'analyse :

Carbone	87 54
Soufre	0 79
Matières volatiles	5 50
Cendres	6 48

C'est à peu près la teneur des anthracites de l'Angleterre et des États-Unis.

Machines soufflantes en usage dans les hauts-fourneaux.

Moteurs. — Les forces motrices appliquées aux souffleries, sont indifféremment des roues hydrauliques, des turbines, des manéges ou des machines à vapeur.

Les roues hydrauliques ont été, dans les anciennes usines, les moteurs qu'on a le plus recherché, comme étant les moins coûteux. On a fini par leur adjoindre les turbines, vivement appréciées par les maîtres

de forges, dont les usines, placées sur de grands cours d'eau, sont exposées à être noyées à la crue des eaux. Les turbines, dont la construction et la disposition peuvent être très simples, remplacent souvent, avec avantage, les roues hydrauliques.

Les manéges, utilisés comme moteurs dans les hauts-fourneaux, sont d'un service insuffisant et d'un entretien coûteux ; ils ne sont, tout au plus, employés qu'à titre complémentaire, dans les usines où le manque d'eau, pendant la sécheresse, occasionne un chômage complet.

Les machines, à vapeur ont longtemps été, comme les manéges, des moteurs trop dispendieux pour les souffleries ; ce n'est que depuis qu'on a trouvé le moyen de les chauffer par la flamme du gueulard, sans dépense aucune de combustible, qu'elles sont devenues d'une application plus générale.

Emploi des gaz dans les hauts-fourneaux. — Les premières machines à vapeur chauffées par les flammes perdues des hauts-fourneaux, ont été établies en France vers 1833 ou 1834. On les a placées d'abord sur la plate-forme des fourneaux, afin qu'elles pussent recevoir de la manière la plus directe, la flamme sortant du gueulard. Toutefois, cette disposition nécessitait des dépenses excessives et n'était pas applicable à tous les emplacements ; il fallait établir des échaudages en charpente, d'une construction assez vaste et assez solide, pour qu'ils fussent à même de contenir et de supporter les chaudières et leurs fourneaux. Le développement du nouveau système de chauffage est dû, en grande partie, aux ingénieurs Thomas et Laurens, qui l'ont appliqué dans diverses usines, non seulement aux chaudières des machines à vapeur, mais encore aux appareils à chauffer l'air (1).

Plusieurs machines à vapeur de la force de dix-huit à vingt chevaux, à détente et à condensation, ont été établies par Thomas et Laurens, dans des hauts-fourneaux au charbon de bois, dont les gaz du gueulard servaient au chauffage des chaudières ; elles ont donné de bons résultats, la section de la cheminée et des carneaux ayant 28 décimètres carrés, la hauteur de la cheminée 8 mètres, et la surface de chauffe

(1) Quinze ans auparavant, on avait employé en France, en Allemagne et en Angleterre, les flammes perdues des fours à reverbère et des foyers d'affinerie, et à chauffer les chaudières des machines à vapeur, les vases clos pour la carbonisation et la torréfaction du bois, les appareils à air chaud, les fours à cuire la chaux, le pain, etc. Il était facile à prévoir qu'on utiliserait les gaz sortant du gueulard des hauts-fourneaux, en vue de perfectionner la fabrication du fer. Thomas et Laurens, sont parvenus à produire des fers au gaz, de bonne qualité, aux forges de Tréveray (Meuse). D'autres sont arrivés au même résultat, par des procédés du même genre au fourneau de Clerval (Doubs) ; à Wasseralfingen en Wurtemberg ; à Maria-Zell en Styrie et à New-Joachim-Sthal, en Bohême.

étant calculée sur une production de 15 à 17 kilogrammes de vapeur à l'heure.

Les inconvénients qu'on trouvait à établir la prise des gaz au gueulard et sur la plate-forme des hauts-fourneaux, ont aujourd'hui disparu devant le système Robin, qui vint faire descendre les gaz sur le sol de l'usine. Ce système a permis de déplacer utilement toutes les chaudières et tous les manéges installés aux gueulards.

Avec ces nouvelles dispositions, les maîtres de forges, ont pu, sans rechercher exclusivement les cours d'eau, construire leurs usines sur des emplacements plus convenablement situés à proximité des minerais et du combustible.

Le procédé Robin, plus ou moins perfectionné, est sanctionné depuis longtemps par l'expérience, dans plusieurs usines à fer de premier ordre, où il a fonctionné et fonctionne encore avec succès.

Avant d'aller plus loin, nous dirons quelques mots sur les gaz qu'on recueille au gueulard des hauts-fourneaux et dont l'emploi est devenu, aujourd'hui, si avantageusement appliqué dans l'industrie du fer.

L'air qui a servi à la combustion dans les fourneaux, traverse la colonne des matières après avoir perdu son oxygène libre, et entraîne avec lui une certaine quantité de vapeurs et de gaz formés pendant l'opération. C'est cette masse combinée qui s'échappe des gueulards et qui brûle avec projection de flamme, qu'on a tenté de recueillir dans les conditions les plus convenables, pour obtenir le maximum de température qu'elle peut comporter.

L'opinion a beaucoup varié sur l'endroit précis du hant-fourneau, où doivent être recueillis les gaz. Lesuns préféraient les prendre au gueulard directement, les autres au-dessous de la hauteur de la charge, d'autres encore au 2/3 environ de la hauteur totale du fourneau. Il est évident, que plus on les prendra près du gueulard, plus ils seront mêlés avec la vapeur d'eau provenant de la dessication du minerai et du charbon ; mais il est certain, aussi, qu'en les recueillant trop bas, on ne devra pas profiter de toute leur puissance calorifique.

En général, il a paru nécessaire, pour atteindre le plus haut degré de chaleur, produit par la combustion des gaz dans les hauts-fourneaux, de se maintenir dans les principes suivants, reconnus à la suite des expériences faites aux usines de Clerval et d'Audincourt (Doubs), par l'ingénieur des mines Ebelmen, savoir :

1° Brûler un gaz contenant peu ou point de vapeur d'eau ;

2° Opérer la combustion du gaz dans un espace très retréci, de telle sorte que le maximum de température se produise toujours dans la même partie du four et à une petite distance de l'orifice d'arrivée ;

3° Rendre l'entrée des gaz, dans le four, indépendante des charges

et pouvoir régler à volonté la proportion d'air nécessaire à la combustion.

Les flammes perdues, provenant d'une combustion incomplète dans les hauts-fourneaux, se composent principalement d'azote, d'oxyde de carbone et de vapeur d'eau ; celle-ci disparaît en notable partie, lorsque les gaz sont recueillis dans les régions les plus basses du fourneau. Pour donner une idée de la composition de ces gaz, nous renvoyons nos lecteurs au tableau suivant, pris dans le tome XX, des *Annales des Mines*. Les expériences ont été relevées au fourneau de Clerval :

POINTS DU HAUT-FOURNEAU où LES GAZ sont recueillis	VOLUME DU GAZ par minute		AIR NÉCESSAIRE à la combustion D'UN LITRE DE GAZ SEC	PRODUITS DE LA COMBUSTION sur UN LITRE DE GAZ SEC						QUANTITÉ NÉCESSAIRE pour échauffer LE MÉLANGE BRULÉ DE 100°	QUANTITÉ DE CHALEUR produite en une minute		TEMPÉRATURE DE COMBUSTION
	SEC	Y COMPRIS la vapeur d'eau		ACIDE CARBONIQUE		VAPEUR D'EAU		AZOTE			par LITRE de GAZ	par la TOTALITÉ du GAZ	
	m. cub.	m. cub.	litres.	litres	gramm.	litres	gramm.	litres	gramm.	$\left(\frac{1}{1000}\right)$	calories	calories	0 cent.
Au gueulard.	9,640	10,796	0,705	0,364	0,717	0,177	0,143	1,136	1,435	0,675	0,918	8,849,5	1360
A 2m,67 de profondeur . .	9,640	9,890	0,675	0,364	0,718	0,081	0,065	1,116	1,409	0,601	0,879	8,483,2	1462
A 4 mètres de profondeur.	9,465	9,545	0.769	0,370	0,732	0,048	0,039	1,200	1,516	0,612	1,002	9,484,0	1637
A 5m,33 de profondeur . .	9,240	9,280	0,894	90,35	0,709	0,040	0,032	1,313	1,658	0,638	1,165	10,765,0	1826
A 5m,67 (ventre).	8,865	8,865	0,887	0,350	0,693	0,019	0,015	1,337	1,684	0,631	1,156	10,247,0	1832

Il est facile de voir, par ces résultats, que la vapeur d'eau a diminué sensiblement dans les dernières expériences, c'est-à-dire lorsque le gaz est recueilli au point le plus rapproché du ventre du fourneau; plus bas encore, en prenant du gaz à la tuyère, M. Ebelmen n'a plus rencontré que de l'acide carbonique et de l'azote. On reconnaîtra aussi, que la combustion des produits gazeux d'un haut-fourneau, va en augmentant à mesure qu'on les prend à des distances de plus en plus grandes du gueulard, la quantité des gaz, et celle de la vapeur d'eau qu'ils contiennent, dépendant d'ailleurs de la nature du minerai et du fondant, du combustible, des dimensions du haut-fourneau et enfin de son allure. On peut craindre cependant, en extrayant les gaz trop au-dessous du gueulard, de causer un dérangement nuisible à la marche du fourneau, la calcination et la réduction s'opérant moins bien dans les parties les plus hautes de la cuve. Il est donc important de limiter la prise des gaz, de telle sorte, qu'elle soit à l'abri de tels inconvénients pour un haut-fourneau ordinaire au charbon de bois, entre 0,30 à 0,40 de sa hauteur totale, mais il est essentiel qu'elle demeure fixée entre le ventre et le gueulard. On peut se tenir dans ces régions où les gaz se composent généralement pour 100 parties : de 13 acide carbonique, 23 oxyde de carbone, 5 hydrogène, 59 azote; ils ne retiennent alors qu'une très petite quantité de vapeur d'eau, et la température de leur combustion peut s'élever à 1500°.

Quand la prise des gaz a lieu aux 0,30 ou 0,40 de la hauteur du fourneau, on établit la communication avec la cuve, par une, deux et jusqu'à six ouvertures rectangulaires, selon la capacité du haut-fourneau. Les premiers essais de Robin, à Niéderbronn, l'ont conduit à trouver dans les flammes perdues, une force de 54 à 72 chevaux, suivant l'allure plus ou moins chaude du fourneau. Depuis, nous avons reconnu, au haut-fourneau de Tusey, que la moitié des gaz recueillis pouvait suffire au chauffage d'une machine de 16 chevaux et d'un appareil à vent chaud.

Nous avons pu, en outre, expérimenter la portée calorifique des gaz en obtenant la fusion du cuivre dans un creuset placé sous la voûte d'un petit four, que traversait la flamme à sa sortie de l'appareil à air chaud et même, parvenir à fondre, au moyen des gaz d'assez gros morceaux de métal. Ces expériences nous ont prouvé qu'avec un four, bien construit, on pouvait obtenir non seulement la fusion de la fonte, mais encore la rendre assez liquide pour qu'elle pût être coulée en moules.

De tels résultats n'ont-ils pas été les précurseurs de l'application des idées qui ont amené l'invention des fours Siémens?

Nous disions alors, que l'emploi des gaz allait devenir un des éléments nouveaux de la prospérité des usines à fer, et que l'art des forges, en même temps que la fonderie, devait en profiter incontestablement.

L'appareil Robin, comme tous les autres systèmes, ayant pour but d'entraîner, par un tirage forcé, les gaz recueillis au gueulard, n'est pas exempt des inconvénients qui rendent souvent irrégulière la marche des hauts-fourneaux. Plusieurs métallurgistes ont pensé que le tirage provoquant une forte expansion de flammes au gueulard, élève la température dans les parties supérieures du fourneau, aux dépens de la portion de l'ouvrage où s'opère la fusion, circonstance qui amène aussi la descente inégale des charges. Ces accidents sont plus particulièrement redoutables dans les hauts-fourneaux en moulage, où leur influence n'est pas assez nuisible, du reste, pour qu'on ait pu s'en préoccuper longtemps.

Les premiers appareils pour utiliser les gaz, tant au gueulard que sur le sol de l'usine, ont été appliqués dans les fonderies de Tusey, du Val-d'Osne et de Fourchambault.

Nos éditions précédentes ont donné, à ce sujet, des détails qui n'ont plus leur raison d'être, les chaudières, les appareils à air chaud et les accessoires principaux du système, ayant à peu près disparu dans des transformations successives.

En effet, les procédés d'emploi des gaz perdus ont été considérablement simplifiés, depuis les premières applications qui ont eu lieu vers 1837 ou 1838. Tous les appareils compliqués pour la distribution et la combustion des gaz ont fait place à des dispositions généralement très simples, qui permettent d'amener aujourd'hui les gaz jusqu'au lieu d'emploi, par des conduits en tôle débarrassés de tous détails inutiles ou encombrants, et de les brûler au moment où ils se mélangent avec l'air atmosphérique. On a supprimé le concours des appareils spéciaux imaginés pour mélanger l'air et le gaz ou pour favoriser la combustion, tels que les buses à jeux d'orgue et à sifflets.

Les usines ayant conservé les buses a gaz compliquées du système Thomas et Laurens, ou plutôt du système Robin, reconnaissent qu'avec la buse ordinaire de forme aplatie, sans aucun compartiment ou cloison pour amener l'air extérieur qui afflue, toujours en assez grande quantité dans les foyers, on obtient un emploi des gaz très suffisant pour assurer la combustion. Les nouvelles buses sont placées en s'inclinant au-dessus des portières de chargement des fours ; et l'on prétend que les gaz brûlent mieux de cette façon qu'en les faisant plonger sous les foyers. A part ce résultat, plus ou moins authentique, il est certain, qu'avec les buses ainsi disposées la porte de chargement demeure libre et permet au besoin de marcher à la houille, si l'on veut supprimer l'emploi des gaz. Tout au moins, peut-on les aider par un feu soutenu sur la grille, ce qui devient une ressource, alors qu'ils se montrent moins abondants que d'ordinaire pour une cause quelconque.

Les appareils nettoyeurs ont été pour la plupart supprimés, notamment

ceux qui, placés près des gueulards ou des foyers à chauffer, pouvaient être encombrants.

Les usines ayant gardé ces appareils reconnaissent qu'ils sont insuffisants pour nettoyer parfaitement les gaz, et surtout pour bien nettoyer en marche (1).

On s'est borné, dans un certain nombre d'usines, à placer des seaux à eau à la partie inférieure des tuyaux descendant les gaz, ou des réservoirs disposés de distance en distance, sur les conduites horizontales ; et encore, à employer les tuyaux *Gibon*, applicables seulement sur les conduites de niveau. Ces tuyaux étaient des cylindres en tôle, non fermés, et dont l'un des bords se recourbe longitudinalement vers l'intérieur, tandis que l'autre bord s'écarte pour laisser passer une raclette allant chercher dans l'eau, à la partie inférieure des conduites, les poussières venues s'y condenser.

Cette disposition pouvait permettre de nettoyer en marche, puisque l'eau qui garnit les cylindres fait obturateur et empêche les gaz de s'échapper pendant qu'on retire les poussières ; mais, elle présentait des embarras sérieux comme installation et aussi, comme, inconvénient de mouiller les gaz déjà, par moments, assez humides d'eux-mêmes.

Aussi, dût-on, à peu près partout, conserver les seaux à eau et les tampons mobiles, ou les clapets, placés aussi rapprochés que possible sur les lignes de tuyaux, et suffisant pour un nettoyage rapide et partiel, pendant les arrêts des fourneaux.

Avec des tuyaux à grand diamètre, le nettoiement est plus facile et la circulation des gaz qui s'écoulent, sans pression, se fait beaucoup plus librement que dans les tuyaux étroits. On n'a pas, comme dans ces tuyaux, des contre-pressions qui font refluer les gaz vers le haut des conduits, et qui, amènent des amas susceptibles de s'enflammer et de détonner.

Le diamètre des tuyaux, porté en principe à $0^m,50$, a été reconnu partout comme insuffisant. On est arrivé à $0^m,65$ ou $0^m,70$ pour les fourneaux de moyennes dimensions et à $0^m,75$ et $0^m,80$ pour les grands fourneaux au coke. Quand une circonstance quelconque empêche l'emploi de tuyaux à grande section, on peut avoir deux ou trois prises de gaz, et, par conséquent, deux ou trois conduites au lieu d'une seule, en leur donnant un diamètre plus faible, Cela présente quelques avantages,

(1) C'était du moins l'opinion des directeurs des diverses fonderies du Centre, Mazières, Fourchambault, Torteron, Saint-Jacques et Montluçon, que nous avons visitées vers 1853 et 1854, alors que la plupart de ces usines avaient des difficultés avec Thomas et Laurens, qui prétendaient faire rentrer dans leurs brevets, tous les perfectionnements accomplis.

quand les gaz sont destinés à être utilisés dans plusieurs directions, et pour chauffer des appareils de nature diverses.

La prise des gaz au gueulard a continué à se faire par une ouverture placée, selon les fourneaux, en contre-bas de 1m,50 à 2m,50 du niveau du gueulard, étant encore protégée par un cylindre, ou trémie en tôle ou en fonte, plongeant à 0m,60 ou 0m,70 en dessous de l'orifice de sortie.

Au lieu d'une seule ouverture, on préfère, quand la masse des fourneaux le permet, une galerie circulaire environnant le gueulard et recevant les gaz au moyen d'un certain nombre d'ouvertures, régulièrement espacées et de sections mises en rapport avec les débouchés réservés aux gaz.

Presque toutes les usines ont appliqué des dispositions particulières aux prises de gaz et aux cylindres plongeants, en même temps qu'elles ont adopté la fermeture hermétique du gueulard pendant les intervalles entre les charges. Ce dernier procédé par lequel on utilise d'une manière presque absolue, la totalité des gaz produits, a paru, présenter, d'assez sérieux inconvénients, qui ont fait proscrire par quelques maîtres de forges, la fermeture des gueulards, malgré l'avantage incontestable qu'elle a, de fournir des éléments qui seraient perdus sans elle.

Des expériences concluantes ont fait voir, en effet, que la marche à gueulard fermé, élève la température vers le gueulard et augmente la consommation du combustible dans le fourneau, de telle sorte que, l'excédant de consommation n'est pas compensé par les avantages à retirer d'une plus grande quantité de gaz recueillis.

D'autres raisons peuvent être encore opposées à la fermeture des gueulards.

On met en avant: les accidents que détermine la projection de flamme produite, par les gaz qui s'échappent en abondance du gueulard, quand on soulève la cloche pour charger;

La difficulté d'aborder commodément le gueulard pour étaler convenablement la charge ;

Les frais d'entretien et de réparation de l'appareil ;

Le temps perdu pour ouvrir le gueulard et le refermer ;

L'augmentation du nombre des ouvriers chargeurs pour que la charge se fasse promptement et que les ouvriers puissent se relayer lorsqu'ils sont à demi-asphyxiés ;

L'impossibilité de suivre l'aspect du gueulard et la descente des charges, ou autrement, la surveillance rendue beaucoup moins facile ;

La crainte que, dans les moments où les fourneaux sont embarrassés, et alors qu'on est dans la nécessité d'arrêter le vent, il y ait refoulement des gaz, par les tuyères, avec flammes et explosion au cas où les porte-vent seraient mal fermés.

Ces diverses considérations sont plus ou moins spécieuses. La ques-

tion de consommation poussée à l'exagération par la clôture du gueulard doit être, pensons-nous, la question dominante.

Par le procédé de fermeture (fig. 8, pl. 8), appliqué, il y a quelques années, aux usines de Torteron et de Saint-Jacques-Montluçon, on est arrivé à un mode de chargement plus expéditif et plus commode pour la répartition de la charge, que celui de la fermeture hydraulique.

Le gueulard est garni d'une boîte circulaire s'élargissant en dehors et supportant, à son milieu, une cheminée surmontée d'un clapet d'échappement qu'on laisse, d'habitude, assez ouvert pour faire échapper un peu de gaz avec flamme éclairant le gueulard. Cette garniture porte en outre une couronne concentrique qui laisse entre elle et la boîte, un vide de 0m,15 à 0m,20, et sert, après avoir divisé la charge, à l'aider à s'étaler uniformément en prenant une forme annulaire. La même boîte est fermée par une couronne en tôle disposée en tronc de cône, dont la partie inférieure, ou la plus grande base, vient s'appuyer, d'une part, sur la cheminée et d'autre part, sur la boîte. On commence à charger le minerai, qui fait obturateur, puis la castine et le charbon.

La charge se fait ainsi alors que l'appareil est fermé. On la fait tomber quand il est temps, en soulevant la couronne qui la supporte.

Cet appareil permet de charger avec plus de soin, qu'en employant la fermeture hydraulique. Il a l'avantage de ne laisser le gueulard entr'ouvert que pendant des temps très courts. Mais il doit se trouver trop en plein-feu pour ne pas être brûlé ou dérangé facilement. Il obstrue du reste assez la vue du gueulard pour qu'on ne puisse suivre attentivement la marche du fourneau par la descente des charges et l'aspect de la flamme.

De ces données, passablement compliquées et dites du *Système Coingt*, ont été déduites d'autres dispositions particulières, telles que les appareils Prenat et Escalle; le premier, recueillant le gaz à la circonférence le second, au centre, de même que l'appareil Minary. Puis, est survenu l'appareil Chadefaud, installé à Denain et à Anzin, lequel est basé sur un arrangement plus simple.

En 1853, après une visite dans un grand nombre d'établissements métallurgiques, où les procédés d'emploi des gaz étaient en usage, nous nous sommes arrêtés, pour les usines de Marquise, où tous les anciens appareils ont été supprimés, aux dispositions suivantes qui ramènent les applications connues à leur plus grande simplicité, et qui, au moment où nous écrivons ces lignes, donnent encore toutes satisfactions, quant aux résultats qu'on en attendait, la fermeture complète du gueulard ayant été d'ailleurs repoussée en principe.

Prise des gaz. — On emploie aujourd'hui une double galerie circu-

laire avec carneaux entre-croisés pour briser le courant des gaz à leur sortie et arrêter les poussières. Les ouvertures placées entre 2 et 3 mètres au niveau du gueulard au nombre de huit, sont disposées avec inclinaison assez grande pour éviter de retenir des fractions de la charge, laquelle n'est pas reçue dans un cylindre plongeur. Ces orifices sont réglés, eu égard à la première galerie circulaire, de telle sorte que les regards établis au niveau du sol, pour le nettoiement de ladite galerie, viennent permettre de nettoyer, en même temps, les parties placées au dessous, qui pourraient se trouver encombrées.

Les types plus généralement usités, pour la prise des gaz au gueulard, sont ceux dits :

Appareil *Coingt*, installé aux fourneaux de Saint-Jacques.

Appareil *de Torteron*, à l'usine de ce nom.

Appareil *Chadefaud*.

Appareil appelé *Cup and cône*, imité d'un système beaucoup employé en Angleterre et aujourd'hui recherché en France, pour sa simplicité et sa solidité.

Ces divers appareils sont représentés à la planche 8, par les figures suivantes :

Figure 8. — Disposition *Thomas* et *Daveron*, employée en 1861 à l'usine de Montluçon-Saint-Jacques, et, remplacée depuis par la disposition du système Coingt.

Figure 9. — La trémie en forme de tronc de cône renversé, reçoit un couvercle dont la section circulaire également en tronc de cône, disposé en sens inverse, se soulève à l'aide d'un appareil, grue ou levier, et laisse passer la charge qui glisse au long des parois de la cuve et de celles du tube central, servant à guider le couvercle. Depuis, l'appareil Coingt a été, lui-même, remplacé par une disposition nouvelle, mais beaucoup trop compliquée et prenant le gaz au centre.

Figure 10. — Prise de gaz à la circonférence appliquée, aux hauts-fournaux de Pont-à-Mousson. C'est la disposition de l'appareil Chadefaud (fig. 11) employé à Anzin, lequel, du reste, est également emprunté à l'agencement particulier, adopté par la plupart des hauts-fournaux du Cleveland en Angleterre et connu sous le nom de *Cup and cône*. On charge en abaissant le tronc de cône installé dans l'axe du fourneau, et l'on obtient l'obturation nécessaire entre les charges, par le rélèvement de ce cône, ce qui se fait à l'aide d'un levier disposé pour la commodité du gueulard.

Figure 12. — Prise de gaz centrale, système *Minary*, permettant d'amener la charge sur le gueulard à l'aide de wagons. Tout l'appareil distributeur est installé sur le gueulard, au centre duquel les wagons viennent se vider. L'appareil Escalle (fig. 13), installé à Givors, est disposé pour obtenir le même résultat, à l'aide de deux wagons, arri-

vant de chaque côté du distributeur central. Ces dispositions sont faciles à comprendre, en considérant les figures, lesquelles peuvent se passer de légende.

Conduite des gaz. — A chacun des fourneaux de Marquise, un tuyau en tôle adapté directement sur la galerie circulaire extérieure, est placé le plus possible suivant des directions verticales ou inclinées, ayant à ses extrémités des clapets ou bacs à eau pour faciliter l'enlèvement des poussières pendant les arrêts. Les tuyaux, descendant des divers fourneaux, viennent se réunir sur une conduite générale alimentant les chaudières à l'aide de becs ramenés à la section rectangulaire, et portent à leur talon une petite porte de regard, devant servir au besoin à introduire de l'air à mélanger au gaz. Par conséquent, aucun appareil de lavage ou de nettoiement, et de tous côtés des tuyaux de 0m,70 et 0m,80 de diamètre d'un abord facile, avec des clapets et des portières en nombre suffisant pour nettoyer rapidement pendant les arrêts des coulées, lesquels, d'ailleurs, sont toujours plus longs dans les fourneaux en moulages que dans les fourneaux marchant en gueuses.

Chaque fourneau, nettoyé tous les huit jours, fournit en moyenne, tant dans les galeries que dans les tuyaux, environ 5 à 6 hectolitres de poussière. Le dessous des chaudières est sali promptement, mais comme on nettoie chacun des divers groupes de générateurs tous les quinze jours, cela n'a pas d'inconvénient.

Chaque chaudière de 30 chevaux, ayant marché quinze jours, donne 2 à 3 hectolitres de poussière, plus légère et plus tenue que celle recueillie dans les tuyaux et dans les galeries.

Les bacs à eau sont en très petit nombre. Toutefois, nous avons pensé qu'il n'y avait pas lieu de les supprimer entièrement. S'ils ne contribuent pas beaucoup à retenir les poussières, ils aident les gaz, quelquefois un peu secs, à se saturer d'humidité et à brûler plus lentement et plus complètement, Ils sont aussi un préservatif contre les disjonctions des tuyaux, quand accidentellement, il se produit des explosions.

Machines soufflantes. — Nous résumerons, uniquement au point de vue historique, la description des anciennes souffleries qui tendent à disparaître de jour en jour.

Les vieux types de machines soufflantes à peu près les seuls restés dans les hauts-fourneaux, sont les souffleries à pistons, en bois ou en fonte. Le principe de ces machines consiste à comprimer l'air par une surface mobile qui se rapproche d'une surface fixe. La surface mobile, ou autrement dit le piston, glisse à frottement contre les parois d'une

capacité prismatique ou cylindrique. C'est de sa parfaite adhérence aux caisses ou aux cylindres qui la contiennent que dépend le rendement plus ou moins précis des machines soufflantes.

Il existe encore aujourd'hui, dans de rares usines, des soufflets de différentes formes, exigeant tous, eu égard à la quantité de vent qu'ils fournissent, des emplacements relativement considérables. Ces soufflets d'un prix élevé et d'un entretien coûteux demandent (quoique fournissant moins d'air que les machines à pistons), une force motrice comparativement plus grande.

Plusieurs établissements du midi de la France ont conservé les machines soufflantes appelées *trompes*. Ces appareils primitifs exigeant une grande chute d'eau et ne pouvant alimenter que les hauts-fourneaux de petites dimensions, ne sont possibles que dans les localités où elles présentent peu de frais d'établissement. Le mécanisme des trompes est fort simple, il est basé sur l'effet d'un courant d'eau entraîné par des tuyaux dans une caisse hermétiquement fermée, sauf en deux ouvertures, l'une pour l'écoulement de l'eau, après qu'elle a produit l'effet utile, l'autre pour la sortie de l'air que l'eau a chassé devant elle en s'engouffrant dans l'appareil. Quoique la masse d'air amené par l'eau, soit augmentée à son arrivée dans la caisse, de l'air contenu aussi dans l'eau, et qui est séparé lorsque celle-ci vient se briser sur le fond du récipient, il est facile de s'assurer que la quantité de vent fournie par les trompes est comme celle donnée par les soufflets, inférieure, toutes choses égales, au produit des souffleries à piston.

La machine soufflante indiquée pl. 3, par les figures 1 et 2, anciennement établie au fourneau de Demange-aux-Eaux (Meuse), est mue par une roue hydraulique de côté. Elle se compose de quatre pistons à bases carrées, qui fonctionnent alternativement dans des caisses R pourvues de soupapes *c*, à leur partie supérieure et reposant sur des colonnes en fonte. Chacun des pistons est muni de deux soupapes, qui se soulèvent lorsqu'il descend, pour donner entrée dans la caisse à l'air aspiré et refoulé dans un récipient en bois contenant environ 5 mètres cubes, d'où il est chassé au fourneau.

La mise en mouvement s'explique aisément par l'examen des figures. Les manivelles sont calées sur les arbres moteurs, de telle sorte que l'un des pistons arrivant au bas de sa course, le deuxième se trouve en haut, le troisième au milieu en montant, et le quatrième au milieu en descendant. Cet agencement est nécessaire pour que l'effet de la machine n'éprouve pas d'interruption. La course des pistons est $1^{m},45$; ils donnent chacun trois coups par minute.

La construction de cette soufflerie a été faite avec quelque soin. Les caisses sont pourvues de doubles enveloppes en planches de sapin séparées par des peaux de mouton; leur surface intérieure parfaitement

dressée, est un peu savonneuse afin de faciliter le glissement. Les pistons sont garnis en cuir doux, maintenu par des bandes de fer plat; ils sont joints à leur tige par un solide emmanchement à boulons. Les soupapes sont montées sur un cadre en fer, et le pourtour, sur lequel elles reposent, est bordé d'une bande de cuir à poil.

Les machines soufflantes, cylindriques en fonte, peuvent comprendre deux ou même quatre cylindres soufflants. Il y a plus d'avantage à construire ces machines à deux cylindres au moyen desquels on peut, sans une grande augmentation de force, obtenir plus de vent que dans les machines à un cylindre.

Mais, comme le mécanisme des machines à un seul cylindre peut être réduit à des dispositions fort simples, et comme d'ailleurs on peut arriver à produire la quantité d'air nécessaire à un haut-fourneau au charbon de bois, de dimensions ordinaires, avec un cylindre d'une capacité raisonnable et sans rechercher une trop grande vitesse, cette disposition est admise de préférence, étant entendu qu'elle est établie à double effet.

En 1839, il n'existait à Tusey, qu'une seule machine soufflante, qui avait et qui a encore pour moteur une très belle roue hydraulique (1). L'importance de la fabrication exigeant qu'on fît marcher tous les jours la fonderie de deuxième fusion, nous forçait à imprimer à cette soufflerie une très grande vitesse, afin d'obtenir le vent nécessaire et il arrivait, malgré cela, que cette vitesse préjudiciable au jeu de la machine, ne nous était pas suffisante. Cette circonstance et le manque d'eau pendant une partie de l'été amenèrent le montage d'une machine à vapeur de seize chevaux, du système oscillant Cavé qui fut adjointe au moteur hydraulique pour permettre l'établissement d'une nouvelle machine soufflante que nous rappelons par la figure 3, pl. 2. Cette soufflerie n'est pas visible sur la pl. 4, donnant la disposition générale de l'appareil que nous avons fait construire, et dont une élévation longitudinale suffit pour faire comprendre la portée et l'ensemble du mécanisme très simple et très complet que nous nous dispenserons de décrire. Cet appareil existe encore aujourd'hui, depuis quarante ans, et n'a jamais donné lieu à aucune modification ni réparation importante. Cependant, en vue d'un deuxième haut-fourneau, l'on a fait

(1) Cette roue R (pl. 4) reçoit l'eau en dessus, et a $8^m,75$ de diamètre. Les augets dont la largeur est de $1^m,615$ sont montés sur deux couronnes en fonte liées elles-mêmes aux moyeux aussi en fonte, par des tringles en fer de $0^m,054$ de diamètre. Les deux couronnes composées chacune de douze courbes réunies par des boulons, sont maintenues par des entretoises en fonte dont l'assemblage est commun avec celui des bras de la roue. Le périmètre d'une des couronnes est divisé en 516 dents dont l'engrenage donne le mouvement à la soufflerie par un pignon de 97 dents.

ajouter récemment un nouveau moteur à vapeur, du système horizontal, construit par Artige et de la force de 20 chevaux.

Dans les machines à cylindres, la section des soupapes d'aspiration varie du 1/15 au 1/12 de la section du cylindre soufflant pour des vitesses de piston comprises entre $0^m,50$ et $0^m,75$, et du 1/10 au 1/9 pour des vitesses comprises entre $0^m,75$ et $1^m,00$.

Pour les machines à caisses carrées, la section des soupapes d'aspiration se tient entre le 1/16 et le 1/20 de celle de la caisse : la vitesse du piston varie entre $0^m,35$ et $0^m,30$ par seconde.

Pour les deux espèces de machines, la section des soupapes d'expiration se maintient entre le 1/15 ou le 1/20 environ de celle de la capacité soufflante. Les tuyaux de conduite doivent avoir une section égale à celle des soupapes d'expiration. On doit s'abstenir de multiplier les coudes et, en tout cas, il convient de les arrondir sur de grands rayons. La résistance qu'ils opposent au parcours de l'air est sensiblement proportionnelle au carré de la vitesse du fluide qui les parcourt et au carré du sinus de l'angle qu'ils forment. Suivant les expériences de l'ingénieur d'Aubuisson, on aurait reconnu qu'au-delà d'un certain nombre de coudes, la résistance diminuait plutôt qu'elle n'augmentait. Ainsi, 15 coudes, par exemple, donnaient moins de résistance que 7 de modèle semblable. Ce serait là, un fait à constater par de nouvelles épreuves; on l'admettrait encore, au cas d'une pression rigoureusement constante, mais il doit être sujet à discussion pour les soufflerie dont la pression, quelque soient les régulateurs, est fréquemment sujette à des intermittences.

La pression de l'air dans les cylindres soufflants, doit être plus grande qu'à la sortie de la buse, de la quantité nécessaire pour soulever les soupapes d'expiration, comme pour vaincre le frottement dans le régulateur et dans les tuyaux de conduite qui amènent le vent aux tuyères. La différence accusée par le manomètre de la soufflerie et celui des tuyères peut donner, dans les meilleures conditions, une perte de pression de 1/10 à 1/12 entre l'appareil soufflant et le haut-fourneau.

Dans les machines soufflantes, à cylindre en fonte, le rapport du volume d'air expulsé, est, par rapport au volume engendré par le piston égal à 0,75. Pour les machines à caisses carrées, ce rapport égale 0,55 seulement.

Désignant par V le volume effectif d'air à 0° et sous la pression 0,76, que doit fournir la machine, par minute, on calcule le diamètre et la course du piston pour fournir un volume $V(1 + a\,t)$. — A, étant le coefficient de dilatation de l'air, égal à environ 0,004 et t la température de l'air.

Si l'on représente par :

D, *le diamètre du piston cylindrique*, — h, *la course de ce piston*, — n, *le nombre de coups de piston par minute*, — C, *le côté du piston carré*.

Le volume engendré par un piston circulaire, en une minute, sera : $0,75\ 1/4\ \pi\ D^2\ h\ n$ et par un piston carré, $C^2\ h\ n$.

On aura successivement pour chacune des deux machines, en substituant,

$$0,75 \frac{1}{4} \pi D^2\ h\ n = V\ (1 + 0,004\ t) \text{ et } 0,55\ C^2\ h\ n = V\ (4 + 0,004\ t).$$

Faisant $t = 20°$, chiffre de la température moyenne, il vient :

$$D^2 = 1,834 \frac{V}{h\ n} \text{ et } C^2 = 1,964\ \frac{V}{h\ n}.$$

Pour les machines à cylindre, la vitesse du piston variant de 0,50 à 1 mètre par seconde, on fait ordinairement h, la course du piston égale au diamètre D.

Désignant par v la vitesse du piston, on a :

$$n\ h = 60\ v, \text{ et par suite } D^2 = 1,834 \frac{V}{60v} = 0,031 \frac{V}{v}.$$

La course des pistons, dans les caisses carrées en bois, ne dépasse pas habituellement $0^m,65$; le côté du carré variant de 1 mètre à $1^m,50$.— Il serait mauvais de lui faire excéder cette dernière limite.

La marche d'un haut-fourneau dépend beaucoup de la construction précise de la machine soufflante qui ne doit jamais être insuffisante et dont le produit doit dépasser de 1/5 à 1/4 le résultat des calculs qu'on aura pu faire à l'avance.

La quantité de fonte produite étant proportionnelle à la quantité d'air lancé, et réciproquement, il est facile, lorsqu'on connaît les dimensions d'un haut-fourneau, de déterminer celles de la machine soufflante. Sans nous arrêter aux calculs, nous nous bornerons à noter cette donnée pratique qu'un haut-fourneau de 12 mètres de hauteur, produisant 3,000 à 3,500 kilogrammes de fonte, par vingt-quatre heures, avec des minerais moyennement fusibles, pour la réduction desquels on consomme environ 20 à 21 kilolitres de charbon de bois, doit recevoir 45 à 50 mètres cubes d'air par minute.

Or, pour qu'on puisse compter en tous temps sur ce chiffre de consommation, nous conseillerons l'emploi d'une machine soufflante pouvant produire sans fatigue 60 à 70 mètres cubes par minute.

Étant donnée la nature des minerais à traiter, il est aisé de déterminer la quantité de charbon nécessaire pour les réduire et les mettre en fusion. D'un autre côté, comme on connaît la somme d'air utile pour la

combustion d'une certaine quantité de charbon, on peut déduire également de ces indications, les dimensions principales à attribuer aux organes de la machine soufflante.

On sait, en effet, par des expériences connues, que 100 kilogrammes de charbon exigent pour être brûlés, 251 kilog, 63 d'oxygène, soit 175 mètres cubes 7, puisque le mètre cube d'oxygène pèse 1 kilog. 432. Or, le poids du mètre cube d'air atmosphérique pouvant être considéré comme étant de 1 kilog. 30, si l'on admet, que ce dernier contienne 21 p. 0/0 d'oxygène, les 175 mètres cubes 7 de ce gaz correspondront à 826 mètres cubes 66 d'air atmosphérique, qui pèseront 1,087 kilog. 65.

Partant de ces principes, supposons qu'on veuille établir un haut-fourneau produisant 3,500 kilogrammes de fonte par vingt-quatre heures, avec des charbons pesant 225 kilogrammes le mètre cube, et des minerais demandant pour produire 1,000 kilogrammes de fer fondu, 5 mètres cubes de charbon, soit 1,125 kilogrammes.

La dépense du charbon pour 100 kilogrammes de fonte serait de 0m,05 cubes ou 112 kilog. 50. — Si le fourneau produit 3,500 kilogrammes par jour il usera 17m,50 cubes de charbon ou 3,937 kilog. 50 qui exigeront pour brûler, d'après ce que nous venons de dire, 32,944 mètres cubes d'air atmosphérique, équivalant à 42,827 kilogrammes, d'où l'on extrait la dépense par minute, qui s'élève à 22m,37 cubes, ou 29 kilog. 74, chiffres au moyen desquels on peut déterminer la force de la machine soufflante.

Ce calcul fort simple et à la portée de tous les constructeurs, n'est pas d'une exactitude absolument rigoureuse parce qu'on suppose, contre toute vraisemblance, que tout le charbon est converti en acide carbonique et non en oxyde de carbone, et parce que la dose d'oxygène que contiennent les minerais n'est pas prise en considération, bien qu'elle serve à brûler une partie du charbon. Mais comme l'irrégularité qui proviendrait de causes semblables, ne tendrait qu'à augmenter les résultats du calcul et par suite les dimensions de la soufflerie, on verrait de nouveau qu'il est essentiel d'établir les machines soufflantes, de telle sorte qu'elles produisent 1/5 à 1/4 de plus que la dépense des hauts-fourneaux.

Depuis 1870, l'emploi des machines à vapeur, combinées avec les souffleries a été vivement recherché par les maîtres de forges. Au lieu d'énormes souffleries à balanciers, qui exigeaient un mécanisme compliqué, des fondations et des bâtiments considérables, les nouvelles usines en construction ou les anciennes usines en voie d'accroissement, se sont empressées d'adopter les nouveaux appareils qui prennent moins de place et coûtent moins cher.

Dans la disposition de ces machines, chaque constructeur a apporté

les idées nées des habitudes de sa fabrication, ou résultant d'opinions plus ou moins fondées.

Thomas et Laurens ont, des premiers, fait établir dans les ateliers Farcot et Cail, des souffleries horizontales à mouvement direct. Ces machines, pour lesquelles ils ont pris un brevet en 1846, se sont fait remarquer : 1° par une disposition particulière du tiroir, appliqué sur l'un des côtés latéraux du cylindre soufflant et remplaçant les soupapes et clapets, adoptés d'ordinaire pour l'entrée et la sortie de l'air; 2° par l'emploi de la détente variable et de la condensation, permettant d'augmenter ou de diminuer dans de grandes limites la puissance et la vitesse de la machine, et conséquemment la quantité d'air à injecter; 3°, enfin, par l'agencement de la pompe à air qui se trouve dans une direction inclinée au lieu d'être verticale et qui fonctionne à double effet.

En 1847, les mêmes ingénieurs, de société avec la maison Cail, prirent un nouveau brevet de soufflerie horizontale à vapeur, appelée *soufflerie aspirante et foulante à action directe.* Dans ce système, le cylindre à vapeur est très rapproché du cylindre soufflant dont il n'est séparé que par une simple boîte à étoupes. Une tige, commune aux pistons des deux cylindres et prolongée en dehors de chacun d'eux, afin d'être mieux guidée, transmet par une bielle, le mouvement du piston à vapeur à la manivelle montée sur l'arbre de couche du volant, lequel se trouve de la sorte placé en dehors et à l'extrémité de la machine. La pompe à air est mise en mouvement par un balancier vertical oscillant, à la partie supérieure, par le T de jonction de la bielle et de la tige du piston à vapeur.

Malgré la réduction des dimensions des pièces, en vue de la marche à grande vitesse, ces machines, rendues assez encombrantes à cause des parties accessoires de la condensation, n'ont pas donné tout le service économique qu'en attendaient leurs auteurs.

La marche rapide poussée jusqu'à 100 et 150 révolutions par minute, ne leur a pas été favorable. On a trouvé qu'elles se détraquaient facilement et on leur a reproché leur manque de puissance et leur insuffisance.

On comprendra, en effet, que les tiroirs de la soufflerie fonctionnant beaucoup trop vite, prennent et refoulent trop rapidement l'air aspiré, pour qu'une partie de l'effet utile ne soit pas détruit. Dans quelques usines où l'on avait monté ces souffleries à grande vitesse, il a fallu les ramener à une vitesse moyenne, et comme le volume des cylindres soufflants, était calculé suivant le débit d'un nombre exagéré de coups de piston, et par conséquent très réduit, on a dû, tout naturellement, se trouver en présence d'appareils relativement très faibles.

Cet écueil a été compris par le Creusot qui, tout d'abord a construit

des machines fonctionnant au maximum de 70 ou 80 tours; par les établissements Cavé qui sont rentrés complètement dans la limite de vitesse habituelle des machines à balancier, soit 18 ou 20 tours par minute, et également par la maison Farcot qui, ayant cessé de construire les appareils Thomas et Laurens, est arrivée à établir des machines travaillant en marche moyenne, entre 30 et 35 tours.

J'ai fait établir en 1858, pour le service des usines de Marquise, une soufflerie à double cylindre fonctionnant avec vitesse normale de 35 tours et donnant, bien qu'elle puisse marcher jusqu'à 60 ou 70 tours, tout le maximum de rendement, sans dépasser la limite 40 ou 45 tours.

Cette machine, dont les cylindres soufflants ont 1 mètre de diamètre et 1 mètre de course, suffit, en marchant à 30 ou 35 tours, pour l'alimentation d'un haut-fourneau, au coke, de grande dimension, soufflé avec deux buses de 80 à 90 millimètres de diamètre et à la pression de 0,08 de mercure. Elle fonctionne à haute pression, par détente variable sans condensation et est d'une grande simplicité en même temps que d'une grande solidité. Chacun des cylindres soufflants est commandé par un cylindre à vapeur correspondant, avec tige unique portant le piston soufflant et le piston moteur. Un arbre, doublement coudé et muni d'un volant à chacune de ses extrémités, rend le mouvement alternatif, lequel assure une grande régularité dans la marche.

Les pistons soufflants, pourvus de rainures à la circonférence, comme ceux des machines de grande vitesse, du système Flaud, retiennent une nappe d'air qui fait joint et évite l'emploi de toute espèce de garniture. Les clapets sont remplacés par des tiroirs, très élargis, disposés sur le dessus des cylindres; et l'entrée de l'air se fait par des orifices ménagés sur les côtés de la boîte à tiroirs, la sortie ayant lieu par une colonne ascendante placée dans la partie supérieure de la même boîte.

Tout l'appareil, occupant une longueur totale de $7^m,30$ et une largeur de $2^m,82$, compris l'emplacement d'un petit cheval alimentaire, est assis sur une plaque de fondation d'une seule pièce, laquelle donne une grande rigidité a l'ensemble.

Il ne possède, comme on peut le voir par cette courte description, qu'un très petit nombre de joints ou d'assemblages qui rendent la marche sûre et l'entretien peu dispendieux. C'est, en un mot, l'application la plus simple et la plus économique du système horizontal, tout au moins comme mode de construction. L'emploi de la haute pression, sans condensation, pourrait rendre cette machine d'une marche assez coûteuse; mais il faut penser que, dans les usines, où l'on utilise les gaz perdus pour le chauffage des chaudières, cette condition n'a pas une portée de même nature que s'il s'agissait d'un chauffage au charbon.

Réservée du reste, comme appareil de secours, en cas de réparations

fort rares aux grandes machines à balancier des hauts-fourneaux de Marquise, cette soufflerie servait rarement et était utilisée en dernier lieu, pour envoyer de l'air chaud dans les grandes étuves spéciales servant au séchage des moules de tuyaux coulés debout.

Vers le même temps, mon camarade Cadiat construisait, pour les fourneaux de Decazeville, une machine plus simple encore que celle qui vient d'être décrite et dans laquelle la puissance de la vapeur était transmise directement au piston du cylindre soufflant, sans balancier, bielle, ni volant ou autre intermédiaire.

Dans cette machine à haute pression, n'ayant ni détente ni condensation, Cadiat ne s'était, pas plus que moi à Marquise, préoccupé de la consommation du combustible; il cherchait, avant tout, la construction la plus simple et les frais d'installation les moins élevés.

Les deux cylindres sont installés horizontalement sur la même plaque de fondation. Leurs pistons sont montés sur un axe commun supporté en dehors des cylindres par des boîtes à étoupes et dirigé par des galets à gorge. La distribution de vapeur a lieu par un tiroir que mettent en mouvement des tasseaux fixés sur la tige des pistons et agissant sur un double système de leviers.

Les couvercles du cylindre à vent portent des soupapes en cuir simplement disposées pour l'entrée et la sortie de l'air; les pistons des garnitures sont en cuir embouti. Enfin, des heurtoirs en bois et en acier, composés de lames, comme celles des ressorts de voitures, sont établis aux deux extrémités de la machine, pour recevoir les chocs et en amortir les effets.

Il n'est pas possible de trouver une disposition plus primitive, tout le travail de l'appareil consistant dans un mouvement de va-et-vient de pistons poussés à droite ou à gauche, par l'introduction alternative de la vapeur.

La vitesse est réglée suivant la dépense d'air qui se fait aux tuyères; Un régulateur à ailettes suffit pour cela, toutes les fois que les écarts de vitesse ne sont pas trop brusques; mais il est tout à fait insuffisant quand on travaille avec des pressions variables. Alors la tige du piston va donner de la tête contre les heurtoirs, avec de telles secousses que l'appareil est aisément détraqué. Aussi est-ce un inconvénient assez grave, pour qu'il soit préférable, à quelques dépenses près, d'adopter les machines à manivelle, bielle et volant.

Une machine horizontale, construite par Cavé, pour l'un des fourneaux de l'usine de Commentry, est formée de deux cylindres soufflants accolés, conduits par un seul cylindre à vapeur. Elle donne à la vitesse de 17 tours et a la pression de 1 mètre d'eau, un volume de 130 à 135 mètres cubes de vent. Cette machine, sans détente ni condensation, dans laquelle le cylindre à vapeur a $0^m,42$ de diamètre, les

cylindres à vent ayant $1^m,34$ de diamètre et $0^m,54$ de course, marche à la pression de 3 atmosphères et fournit une force effective de 20 à 22 chevaux.

D'autres applications de systêmes nouveaux ont encore été cherchés. Par exemple : des machines verticales à mouvement direct, le cylindre à vapeur reposant sur une plaque de fondation fixée au sol et le cylindre soufflant étant élevé sur un entablement porté par des colonnes.

De pareilles machines, au contraire, ayant comme au Creusot, le cylindre soufflant à la base et le cylindre moteur avec le volant au sommet.

Ces dernières paraissent plus défectueuses que les précédentes. L'instabilité de la machine du Creuzot, si elle n'a pas été modifiée, était telle, en effet, que par suite des vibrations dans l'ensemble, on ne pouvait dépasser sans danger la vitesse de 1,20.

Toutes ces machines bien considérées, on doit avouer que les grandes exploitations pourvues de vastes hauts-fourneaux au coke, tels qu'ils ont été adoptés dans ces dernières années, font mieux de s'imposer des sacrifices, et de ne pas reculer devant la dépense d'installation des fortes machines à balanciers, telles qu'on les construisait il y a vingt-cinq ou trente ans, et dont le type, représenté à la planche 5, est celui de la meilleure des trois machines analogues existant à Marquise. Ce type auquel nous n'avons jamais vu, pendant plus de quinze ans, demander une réparation sérieuse ou un arrêt bien long, est certainement celui que, sauf quelques modifications de détails, nous admettrions encore de préférence.

Régulateurs. — Toutes les machines soufflantes, à pistons, doivent être pourvues de régulateurs, afin que le vent puisse être projeté au haut-fourneau d'une manière uniforme et continue.

Plusieurs usines ont adopté l'emploi des régulateurs à capacité constante, comme celui de Tusey, indiqué par la lettre B (pl. 4). Ces régulateurs sont certainement avantageux, en ce sens qu'une fois bien établis, ils n'exigent aucun entretien ; mais leur construction, en maçonnerie, est d'un prix élevé et demande les plus grandes précautions. D'ailleurs, on ne trouve pas toujours, des emplacements convenables. On doit employer pour l'établissement de tels réservoirs des pierres de taille, scellées à plein ciment, dans toute leur épaisseur ; les joints à l'intérieur doivent être parfaitement calfatés et recouverts, au besoin, de papier goudronné. De plus, il y a lieu de les munir de soupapes d'évacuation pour réserver, à l'air comprimé, des issues éventuelles.

On emploie de préférence les réservoirs-régulateurs construits en fonte, ou en tôle rivée.

Les bases de leur construction et leur prix de revient peuvent être

calculés en se basant sur une contenance dépassant trente fois au moins celle des cylindres soufflants de forme cylindrique.

Pour régulariser le jeu des machines soufflantes, on se sert également de cylindres alésés, dans lesquels se meuvent à frottement des pistons qui sont, en leur surface supérieure, mis en contact avec l'air atmosphérique et qui à leur surface inférieure, reçoivent la pression du vent chassé par la soufflerie. La figure 6 de la pl. 3 suffit pour donner une idée de cette sorte d'appareil dit *régulateur à frottement ou à piston flottant.*

Leur perfection dépend, comme dans les machines soufflantes, de la précision apportée dans l'ajustement du piston et en outre de son poids calculé en vue de régler uniformément l'écoulement de l'eau. Le volume du cylindre régulateur doit être environ deux fois plus grand que celui du cylindre soufflant.

On peut se servir aussi de simples soufflets agissant comme régulateurs et même de cloches mobiles en tôle plongeant dans des cuves remplies d'eau. L'air pénètre par la partie supérieure de la cloche qui subit, en s'élevant ou en descendant, les variations de la pression.

On ne saurait se dispenser de donner aux cloches régulatrices une capacité ayant au moins douze à quinze fois le volume du cylindre de la soufflerie. Dans ces conditions, leur construction est dispendieuse. Aussi servent-elles plutôt dans les usines à gaz que dans les hauts-fourneaux.

La position des usines et les exigences des localités déterminent naturellement le mode de régulateurs à employer. Toutefois, on admet aujourd'hui, d'une manière générale, les réservoirs à air, cylindriques en tôle, de $1^{m},50$ à 2 mètres de diamètre placés horizontalement sur des consoles ou des chevalets, ou même debout, de telle façon, qu'on puisse les entretenir aisément. Si pour les besoins du service, il est nécessaire de les descendre en contre-bas du sol, on peut les enfermer dans des canaux en maçonnerie recouverts d'un plancher ou d'un dallage mobile qui permettent de les visiter et d'entretenir la tôle en bon état de conservation en la recouvrant d'une couche de peinture ou de coal-tar, toutes les fois qu'il est nécessaire.

Ustensiles pour distribuer et régler le vent. — La distribution régulière du vent est indispensable. Aussi, convient-il de régler la pression à l'aide de manomètres placés aux tuyères et à la soufflerie.

On se servait, en principe, de manomètres à eau, qui employaient des tubes très grands pour mesurer de faibles pressions. Cette disposition peu commode, a été remplacée par des manomètres au mercure.

Les dispositions les plus simples, pour distribuer le vent aux tuyères,

sont les meilleures. A cet égard, le robinet (figures 17, 18 et 19, pl. 7), peut être recommandé.

D'une disposition pratique, d'entretien et de réparation faciles, il se relie à la tubulure qui porte la buse en fonte à manchon alésé, glissant à frottement sur une culotte de même matière. L'ouvrier fondeur doit pouvoir la faire manœuvrer aisément au moyen de deux poignées en fer ou d'une manivelle dont l'arbre porte un pignon conduisant une crémaillère.

A l'extrémité de ce manchon cylindrique qui n'est proprement dit qu'un porte-buse, on assemble une buse conique en tôle de $0^m,40$ à $0^m,50$ de longueur. Le plus grand diamètre de l'orifice qui donne le vent, a environ $0^m,085$ dans les hauts-fourneaux au charbon de bois. Cet orifice est rétréci à volonté par des busillons en fer dont le diamètre varie, ou encore par la substitution d'une buse à une autre. La buse porte à son extrémité une rondelle qui fait obturateur dans la tuyère.

Les robinets en usage pour la distribution du vent dans les hauts-fourneaux sont de formes variées. Les figures 21, 22, 23 et 25, pl. 7, donnent les détails d'un robinet à clef pouvant remplacer le robinet à soupape que nous venons de décrire. Les figures 13 et 16 représentent un robinet dont l'emploi convient aux souffleries à air chaud.

D'autres robinets ou valves dont l'agencement est suffisamment indiqué par les dessins, sont représentés par les figures 5 6, 9 et 10. De même le tuyau compensateur utile quand l'air est chauffé (fig. 24, même pl. 7).

Considérations sur la vitesse de l'air. — Le volume de l'air dépend de sa vitesse et réciproquement. Il est facile de concevoir que toutes les conditions restant les mêmes, une certaine masse d'air chassée par un petit orifice, atteindrait, en se comprimant, beaucoup plus de vitesse que si cette même quantité s'écoulait dans le même temps par une ouverture beaucoup plus grande. Par suite de ce raisonnement, on comprendra comment une machine soufflante de faible dimension, ne doit fournir un grand volume d'air qu'en diminuant la pression, puisque la vitesse du vent ne peut être augmentée que par le rétrécissement des buses ou par un mouvement plus accéléré donné à la soufflerie.

L'observation, par un compte-tours, du nombre de coups de piston donnés par minute, fournira la quantité de vent lancé dans le même temps. On pourra dès lors établir pour guider le conducteur de la soufflerie, un tableau indiquant le produit en mètres cubes de deux, de trois, de quatre, etc..... de vingt coups de piston, etc.

Pour obtenir en dernier lieu la vitesse du vent, il suffit d'établir la proportion que voici: la surface du piston est à celle de la buse comme la vitesse du vent est à celle du piston. Supposons que la machine

donne dix coups de piston par minute, la vitesse de celui-ci sera ($1^m,33 \times 2) \times 10$ ou $26^m,60$. Si l'on admet que la buse présente une surface de 50 centimètres carrés, on aura :

50 : 1130 :: 26,60 : x la vitesse du vent, soit $345^m,80$ par minute.

Hauts-Fourneaux

Définitions. — Avant de parler des hauts-fourneaux, nous donnerons quelques définitions consacrées par la pratique.

On appelle *masse, massif* ou *tour*, l'ensemble de la maçonnerie d'un haut fourneau.

Le *gueulard* est l'orifice où sont précipités les matériaux. Le *corps* du fourneau se compose de deux troncs de cônes de hauteurs inégales, rapprochés par leur plus grande base. Le premier de ces troncs de cône qui s'étend jusqu'au gueulard prend le nom de *cuve*. Le deuxième forme les *étalages*, dont la surface environnante, comme d'ailleurs toute celle qui descend jusqu'au fond de fourneau compose les *parois*. La circonférence de rencontre entre la cuve et les étalages, s'appelle le *ventre;* c'est la partie la plus large du haut-fourneau.

L'*ouvrage* est l'espace qui s'étend depuis les tuyères jusqu'à la naissance des étalages; on donne aussi le nom général d'ouvrage à toute la partie basse du fourneau comprise entre la sole et les étalages. Le *creuset* est la capacité placée au dessous des tuyères. La partie extérieure du creuset s'appelle *avant-creuset*.

Les *tuyères* sont les ouvertures par lesquelles le vent est introduit dans le fourneau; le *nez* ou *museau* d'une tuyère, est le côté qui est présenté au feu. Dans les fourneaux n'ayant qu'une seule tuyère, on appelle *contre-vent*, la partie des parois qui lui fait face. On donne le nom de *costières*, aux deux faces de l'ouvrage où sont placées les tuyères.

L'avant-creuset est fermé par un rempart incliné et recouvert d'une plaque de fonte dite la *dame*, sur laquelle s'écoulent les laitiers. La face opposée à la dame, est la *rustine*.

Le recouvrement ménagé sur la partie du creuset qui s'avance hors du fourneau s'appelle la *fausse tympe*. Il est protégé à l'endroit où s'échappe la flamme par la *tympe*, bloc le plus souvent en fonte. Sur la tympe est appuyé le *tacret*, plaque également en fonte destinée à supporter le massif extérieur de l'ouvrage au dessus de la fausse tympe et à le garantir contre les atteintes de la flamme.

Pour rendre sensibles ces différentes définitions, nous renvoyons aux figures 1, 2, 3 et 4 de la pl. 7, donnant une élévation, une coupe horizontale et deux coupes verticales, la première par les tuyères, la deuxième suivant la longueur du creuset, du haut-fourneau de Tusey.

Chacune des parties que nous avons indiquées, est affectée d'une lettre spéciale suffisante pour la faire reconnaître, en se servant de la légende suivante :

A, le massif. — *a*, le gueulard. — *b*, la cuve. — *c*, les étalages. — *d*, la sole. — *e e*, le ventre. — *m*, l'ouvrage. — *n*, le creuset. — *o* l'avant creuset. — *i i*, les tuyères. — *r*, la rustine. — *f*, la fausse tympe. — *e*, la tympe. — *t*, le tacret. — *k*. la dame. — C, la cheminée où est pratiquée la portière de chargement *v*. — D, petite étuve établie derrière la rustine. — *s s*, distribution du vent. — *g g g*, soupiraux ménagés dans le massif pour l'échappement des vapeurs lors du séchage et des mises en feu. — *l l*, boucliers qui retiennent des tirants en fer, au moyen desquels la maçonnerie est consolidée.

Dispositions et dimensions principales. — Les dimensions à donner aux hauts-fourneaux dépendent principalement du volume d'air destiné à les alimenter. Pour fixer la relation qui doit exister entre la largeur et la hauteur de l'ouvrage, il faut prendre en considération la nature du minerai et celle du combustible, la quantité et la qualité de la fonte qu'on veut obtenir.

Il importe beaucoup que la largeur au ventre soit déterminée exactement, car elle exerce une grande influence sur la production des hauts-fourneaux. Il n'existe aucune règle certaine pour déduire cette dimension de principes ou de faits établis. Cependant, il est possible de s'appuyer sur des données à peu près exactes, étant connues la nature des minerais et celle des charbons que l'on doit consommer, ainsi que la quantité de fonte que l'on veut obtenir. Qu'on ait à établir un fourneau au charbon de bois, devant produire 3,500 kilogrammes de fonte par vingt-quatre heures, avec des minerais rendant environ 35 0/0, d'une fusion facile, demandant 112 kilogrammes de charbon pour 100 kilogrammes de fonte, on trouvera qu'il faut brûler 3,920 kilogrammes de charbon par vingt-quatre heures, soit, par heure, 163 kilog. 33. Or, en s'appuyant sur ce que la quantité de charbon brûlé, peut être de 90 kilogrammes environ, par heure et par mètre carré de section et en divisant par ce nombre 165 kilog. 33, on trouvera également que la surface de la section au ventre est égale à $1^{m},81$, qui correspond à un diamètre de $1^{m},525$.

La quantité d'air ramenée à la densité atmosphérique dont on peut disposer étant donnée, on peut également déterminer la largeur au ventre d'un haut-fourneau quelconque. Supposons, par exemple, qu'on puisse se procurer seulement $22^{m},87$ cubes de vent par minute et qu'on veuille avec cela alimenter un haut-fourneau dont la section au ventre n'est pas connue. Et, admettons, suivant les expériences acquises, qu'un fourneau doit recevoir en moyenne $13^{m},88$ cubes d'air par minute et par mètre

carré de section. En divisant 22m,88 cubes par ce nombre on aura 1m,64 de section au ventre, soit un diamètre de 1m,43.

En se servant des données dont nous avons fait usage plus haut, il serait aisé de trouver à la suite des calculs précédents, le produit moyen en fonte par vingt-quatre heures, suivant l'espèce des minerais à traiter.

Cependant, les moyens de calculer le diamètre au ventre des hauts-fourneaux ne donnent pas de résultats assez exacts pour qu'on puisse les employer sans qu'on les mette d'accord avec l'expérience. Celle-ci démontre en effet que le haut-fourneau dont nous venons de parler, produisant 3,500 kilogrammes de fonte par vingt-quatre heures, avec des minerais moyennement fusibles, rendant environ 35 p. 0/0 et fondus avec 1,120 kilogrammes de charbon de bois par tonne de fonte, devait avoir au moins 2m,15 à 2m,40 de diamètre au ventre, résultat très différent. Il est vrai qu'il importe d'avoir égard à la hauteur totale du fourneau; mais comme celle-ci est supposée ne pas dépasser cinq fois le diamètre au ventre, nous sommes fondés à croire qu'un fourneau ayant 1m,525 produirait difficilement 3,500 kilogrammes par vingt quatre heures, même avec une machine soufflante d'une grande puissance.

La hauteur totale des hauts-fourneaux, alimentés par le charbon de bois, varie entre 6 mètres à 12 mètres. Elle excède rarement ce dernier chiffre; toutefois elle ne doit pas être au dessous du premier, même en traitant des minerais très fusibles avec des charbons durs. La hauteur des hauts-fourneaux ordinaires, à coke, est fixée entre 12 mètres et 15 mètres; mais aujourd'hui, elle dépasse de beaucoup cette limite, certains appareils ayant atteint en Amérique, en Angleterre, en Belgique et même en France, des dimensions colossales.

Les dimensions des fourneaux au charbon de bois sont nécessairement moindres que celles des fourneaux au coke, les appareils devant être d'autant plus élevés, que le combustible est plus dur et plus compact. Une hauteur de 7 à 8 mètres pourra suffire à un haut-fourneau alimenté avec des charbons légers et soufflé par une machine peu puissante, alors que dans des conditions contraires, il conviendra de porter l'élévation de 8 à 12 mètres.

De ce qui vient d'être dit, on peut conclure que de deux fourneaux de même hauteur, celui qui sera chargé en minerais fusibles et en charbons pesants devra être plus large que celui où l'on emploiera des charbons légers et des minerais réfractaires, la puissance des machines soufffantes étant la même dans les deux cas.

Les dimensions de l'ouvrage doivent être proportionnelles à celles du haut-fourneau.

Pour les fourneaux en moulages, marchant au charbon de bois, et de 7 à 8 mètres d'élévation, il est bon de porter la hauteur de l'ouvrage à

1m,40 ou 1m,50. On pourrait diminuer cette hauteur et la ramener même à 1m,20, pour produire de la fonte blanche ou truitée. Dans les fourneaux de 8 à 12 mètres, produisant de la fonte grise au charbon de bois, la hauteur de l'ouvrage peut varier de 1m,60 à 1m,90. En général, la hauteur des ouvrages comparée à celle des fourneaux, se tiendra entre 1/7 et 1/8 de la hauteur totale. Un ouvrage trop élevé pourrait nuire au produit et occasionnerait la prompte destruction des étalages. Un ouvrage trop bas n'amènerait qu'une fusion incomplète.

En réalité, les proportions des ouvrages sont subordonnées à la hauteur des hauts-fourneaux; autrement dit, les ouvrages doivent être plus larges et plus élevés lorsqu'on traite des minerais réfractaires avec des charbons compacts, que lorsqu'on brûle des minerais fusibles avec des charbons légers.

La largeur de l'ouvrage ne demande pas à être aussi rigoureusement calculée que la hauteur. Il vaut mieux se contenter au début d'un ouvrage resserré qui concentre mieux la chaleur et dont la destruction vient toujours assez promptement. L'emploi des minerais réfractaires, fondus avec de mauvais charbons et par une faible quantité de vent exige assurément des ouvrages hauts et rétrécis.

Les ouvrages sont toujours évasés, plus ou moins par le haut, pour faciliter la descente des charges et leur largeur à la naissance des étalages doit être habituellement de 1/4 à 1/3 plus grande que celle mesurée à la hauteur des tuyères. En général, on leur donne d'autant moins d'évasement, que les matériaux sont plus friables et plus disposés à se comprimer fortement.

Les rapports existant entre la longueur, la largeur et la hauteur des creusets sont infiniment variables. Non seulement dans les fourneaux en moulage, la capacité des creusets doit être calculée de telle manière qu'elle puisse au moins contenir le volume de fonte coulée toutes les douze heures; mais il convient de donner à cette capacité 1/3 ou 1/4 de plus qu'il est nécessaire, afin qu'elle puisse renfermer une plus grande quantité de fonte lorsqu'on a des pièces de fortes dimensions à couler et aussi pour conserver sur le bain une certaine épaisseur de laitier, qui le préserve de l'action de l'air.

Les proportions du creuset, dépendant de celles de l'ouvrage, il s'agit de donner à cette partie des dimensions proportionnelles, en largeur et en hauteur.

La longueur est, en général, trois fois et 1/3 plus grande que la hauteur, et celle-ci, limitée par la position des tuyères, est ordinairement de 1/6 à 1/5, plus petite que la largeur. Telles sont les seules règles un peu précises, que l'expérience semble avoir établies.

Le point le plus élevé de la dame est placé à quelques centimètres au-dessous de la tympe; cette distance étant déterminée par la nature des

laitiers. La même raison régit l'inclinaison de la dame, qu'on peut fixer d'une manière presque perpendiculaire dans un haut-fourneau où la fonte n'est pas puisée directement à l'ouvrage, par les ouvriers mouleurs. Bien que les soles doivent s'incliner en pente douce vers la dame, afin de faciliter l'écoulement de la fonte, il arrive rarement que le creuset soit absolument vidé et qu'il n'y reste aucune goutte de fonte. Il faut, du reste, éviter que cela ait lieu le moins possible, si l'on veut empêcher le refroidissement de la sole et son envahissement par le laitier.

La position des tuyères ne manque pas d'importance. Dans les fourneaux à charbon de bois, elles sont placées à une hauteur variable entre 0m,35 et 0m,50 au-dessus de la sole. Le vent qui tend à chasser la flamme et les matériaux sous la fausse tympe, où il trouve une issue, exige que les tuyères soient rapprochées de 0m,05 à 0m,06 en dehors de l'axe du fourneau, du côté de la rustine, et en les croisant de 20 à 40 millimètres, lorsqu'elles sont opposées.

Les petits hauts-fourneaux, à charbon de bois, reçoivent le vent par une seule ouverture. On n'emploie deux tuyères que pour les fourneaux de 10 à 12 mètres.

Dans les hauts-fourneaux, au coke, dont les dimensions sont beaucoup plus grandes, on fait quelquefois usage de trois et même de quatre tuyères ; certains grands appareils nouveaux, ont reçu jusqu'à dix tuyères et plus, entre autres, les haut-fourneaux du système *Alger* et ceux du système *Raschette*, construits en Amérique et en Angleterre.

La fausse tympe est placée à 0m,03 ou 0m,04 au-dessous des tuyères. Plus haut, elle provoquerait une déperdition de chaleur et livrerait un passage trop facile au vent.

La pression des charges, obligeant les laitiers à ne pas s'arrêter aux tuyères et à refluer sous la fausse tympe, un engorgement, ne serait à craindre, qu'au cas où les minerais employés, produiraient des scories épaisses. Dans cette situation particulière, le fondeur prend soin de dégager l'ouvrage au moyen du ringard.

L'épaisseur de la fausse tympe, est déterminée par la longueur du creuset et celle de l'avant-creuset. Elle est la plus grande possible ; la tympe, étant avec les costières, une des parties les plus susceptibles de destruction rapide.

L'inclinaison des étalages est spécialement déterminée par la nature des minerais et des combustibles dont on fait usage, en même temps que, par la qualité de la fonte qu'on veut produire ; on se base aussi suivant les nécessités de la réduction et de la préparation du minerai. Pour fondre des minerais réfractaires, avec des charbons légers, les étalages doivent être applatis. Toutefois, il faut craindre qu'ils *accrochent* les charges,

entravent leur descente et provoquent des chûtes fréquentes de matériaux.

D'un autre côté, avec des étalages fortement inclinés, il peut arriver, quand on traite des minerais menus, que l'air se trouve arrêté par la pression trop directe des charges, et que la température prenne une grande extension dans le foyer aux dépens des couches supérieures. En thèse générale, il est bon de donner une faible pente et peu de hauteur aux étalages destinés à recevoir des minerais fusibles et des charbons légers, et d'augmenter l'inclinaison en même temps que la hauteur, à mesure que les minerais deviennent plus réfractaires et les charbons plus compacts. Les angles moyens, admis pour les étalages des hauts-fourneaux à charbon de bois, se tiennent entre 50° et 55°. On ne recherche une pente plus grande, que pour des charbons légers et friables et, pour des minerais extrêmement fusibles. Il serait mauvais d'adopter une inclinaison au-dessous de 40°.

La position du ventre, par rapport à la sole est fort importante, si cette position est trop basse, les minerais ne sont pas suffisamment préparés et la réduction n'est pas complète, si elle est trop haute; la dépense de combustible augmente et, le minerai fondu longtemps avant son passage à la tuyère, est affiné par le contact du vent. La réduction définitive s'opérant entre le ventre et les tuyères, étant donnée une marche normale, pour que la fusion ait lieu à une distance rapprochée des tuyères, on doit s'attacher à conserver la relation indispensable entre les étalages et le ventre. En général, la position du ventre varie entre 1/5, 1/4, 2/7 et 1/3, de la hauteur totale de la sole au gueulard, suivant que les minerais deviennent moins fusibles et les combustibles plus denses. Ainsi, les rapports 1/5, 1/4 et 2/7 sont admis ordinairement dans les fourneaux au charbon de bois, et on n'emploie le rapport 1/3 que, pour les fourneaux au coke.

Le diamètre du gueulard n'a pas moins d'importance. Un gueulard trop large, pour un fourneau d'une faible élévation, produirait une perte considérable de chaleur et un abaissement de température dans la cuve, tel qu'il serait impossible d'obtenir de la fonte chaude et grise. Un gueulard, trop étroit, présenterait des inconvénients non moins graves. La chaleur serait à la vérité mieux concentrée dans le foyer, mais la pression exercée sur les charges, augmenterait et serait de nature à être d'une influence très nuisible sur le produit. Un gueulard insuffisant, suppose d'ailleurs, une inclinaison plus rapide des parois de la cuve. Or, il est connu que cette inclinaison s'oppose à l'uniformité de la descente des charges.

Bien qu'on n'ait pas établi de règles certaines pour déterminer le diamètre des gueulards, on peut admettre qu'en général, il est convenable de lui donner les 9/20 environ du diamètre du ventre.

Les gueulards des hauts-fourneaux sont ordinairement recouverts de cheminées qui s'appuient sur le massif, comme il est indiqué par les figures 1 et 2, pl. 7, et auxquelles on ménage des portes de chargement. On fait supporter ces cheminées par des colonnes, pour que les gueulards soient accessibles de tous côtés. Cette disposition, est employée de préférence, lorsque les hauts-fourneaux sont abrités par une toiture couverte en tuiles ou en ardoises. Les cheminées tronc-côniques, conviennent mieux que les cheminées cylindriques ou prismatiques. Leur diamètre, doit toujours être plus grand que celui du gueulard. Leur hauteur varie de 3 à 4 mètres ; il serait inutile de lui faire dépasser cette dernière limite.

Telles sont, en résumé, les règles générales desquelles on déduit les dimensions et les dispositions principales des hauts-fourneaux. Le raisonnement et l'expérience sont les premiers guides en pareille matière.

Sans qu'on s'arrête à une foule de détails, n'ayant pas d'importance réelle, il importe de disposer toutes les parties intérieures d'un haut-fourneau, d'après les lois qui régissent la fusion du minerai et, qui président aux proportions, aux dimensions et à la position relative des différentes parties de la construction.

Les tâtonnements, l'inexpérience, sont, comme la routine, également dangereux. Il faut savoir conserver ce qui est bon jusqu'à ce qu'on ait acquis la certitude d'avoir trouvé mieux.

Pour compléter ce que nous venons de dire sur les rapports, entre les proportions et les dimensions des hauts-fourneaux, nous insisterons en ce qui concerne les hauts-fourneaux au coke, qui se développent de jour en jour et sont de plus en plus étudiés, à présent, sur quelques détails intéressant la marche de ces appareils.

Le ventre est généralement placé vers le 1/3 environ de la hauteur totale. On lui donne, dans les hauts-fourneaux nouveaux, une partie cylindrique raccordant la cuve et les étalages, variable en hauteur de $0^m,30$ à 1 mètre et plus, suivant l'importance des fourneaux.

La hauteur des fourneaux, est environ trois fois à trois fois et demie, le diamètre du ventre.

Les gueulards, qu'on tend à élargir et dont le diamètre atteignait, dans les petits appareils au bois, les 2/5es environ de la cote au ventre, arrivent aujourd'hui à dépasser la moitié de cette cote, et même à aller jusqu'aux 2/3.

L'inclinaison des étalages peut atteindre 50 p. 0/0 et leur hauteur, dans les hauts-fourneaux, de 13 à 14 mètres d'élévation, peut dépasser 3 mètres.

Les tuyères, opposées comme nous avons dit, ne doivent pas *se gêner* en croisant leur vent. Quand on place éventuellement une tuyère à la

rustine elle doit être, pour cette cause, légèrement élevée au-dessus des deux autres.

Les ouvrages ont une hauteur de la sole aux étalages, qui peut atteindre le sixième de la hauteur totale du fourneau. Ils ont leurs parois plus ou moins évasées, suivant que le coke à employer est plus ou moins dense.

La longueur du creuset, se tient entre $1^m,75$ et $2^m,40$. La largeur aux tuyères, est au moins de $0^m,65$ dans les plus petits fourneaux à coke et peut dépasser $1^m,50$ pour les fourneaux au coke ayant 14 à 15 mètres de la base au sommet, et produisant 25 à 30 tonnes par vingt-quatre heures.

Dans les appareils énormes qu'on a construits pendant les dernières années, ces proportions se sont étendues pour arriver à des dimensions prodigieuses. Le gueulard atteint une extension qui nécessite le chargement sur plusieurs points à la fois, sinon l'aide d'un appareil dispensateur, pour déverser d'un seul coup, toute la charge répartie uniformément.

Le but cherché, est de tenir le creuset assez grand pour contenir, sans qu'elle se refroidisse, une grande masse de matière permettant de couler moins souvent ou, tout au moins, d'éviter les coulées fréquentes en marche.

Le tableau qui suit, complétera ce que nous avons à dire à cet égard. S'il montre des anomalies assez peu explicables, il donne néanmoins des indications intéressantes à consulter et à étudier.

En se reportant à ce qui a été dit, relativement au groupement des minerais en France, on pourra voir comment, par contrées, les hauts-fourneaux, et surtout ceux au bois, sont entendus sous le rapport des proportions et des dimensions, relativement à la nature du minerai et du combustible.

Les hauts-fourneaux n°s 2 à 24, sauf les n°s 12, 16 et 18, ont leurs profils représentés à la pl. 6.

TABLEAU INDIQUANT LES PRINCIPALES DIMENSIONS COMPARATIVES

HAUTS-FOURNEAUX AU CHARBON DE BOIS	Hauteur de la sole aux tuyères	Hauteur des tuyères à la naissance des étalages	Hauteur des étalages	Distance des étalages au gueulard	Hauteur totale	Largeur au creuset
	m.	m.	m.	m.	m.	m.
1. Fourneau de Tusey (Meuse) . . . . Pl. 7	0.50	0.80	1.80	6.60	9.70	0.45
2. — de Villouxel (Vosges) . . Pl. 6	0.45	0.80	1.80	5.20	8.25	0.50
3. — de Bologne (Hte-Marne). . »	0.45	0.00	1.90	6.40	8.75	0.50
4. — de Bairon (Ardennes). . . »	0.50	0.90	1.40	5.20	8.00	0.45
5. — de Varigny (Hte-Saône). . »	0.55	0.00	2.40	7.00	9.95	0.50
6. — de Maizières — . . »	0.60	1.50	1.90	9.70	13.70	0.85
7. — de Fraisans (Jura) . . . . »	0.75	0.00	3.15	7.00	11.00	1.00
8. — de Combiers (Charente). . »	0.70	1.40	1.80	5.10	9.00	0.60
9. — de Ruelle — . . »	0.65	1.40	1.50	4.45	8.00	0.60
10. — autre de Ruelle — . . »	0.60	1.45	1.20	4.75	8.00	0.60
11. — de Niederbronn (Als.-Lor.) »	0.60	1.40	1.50	6.50	10.00	0.55
12. — de Gorcy (Alsace-Lorr.) . »	0.60	1.40	1.50	7.20	10.70	0.50
13. — de Baudin (Jura). . . . . »	0.50	1.30	1.30	6.90	10.00	0.60
14. — de Bacalan (Gironde). . . »	0.45	1.00	1.25	7.90	10.60	0.43
HAUTS-FOURNEAUX AU COKE						
15. Fourneau d'Hayange (Alsace-Lorr.). Pl. 6	0.62	1.30	2.30	7.60	11.82	0.60
16. — de Styring-Wendel — . »	0.75	1.75	2.45	9.00	13.75	1.40
17. — du Creusot (Sne-et-Loire). »	0.70	1.30	3.20	11.15	16.35	1.30
18. — de Marquise, n° 1. } Pas-	0.80	1.70	2.54	8.05	13.09	0.95
19. — de — n° 2. } de-	0.80	1.70	2.60	8.80	13.90	0.90
20. — de — n° 3. } Calais. »	0.85	2.00	2.05	9.45	12.55	1.00
21. — de Bessège (Gard) . . . . »	0.70	1.50	3.36	8.54	14.10	0.80
22. — d'Ars-sur-Moselle . . . . »	0.65	1.40	3.00	7.75	12.80	0.70
23. — de Marquise, usine n° 2, n° 4. »	0.80	1.70	2.77	9.68	14.95	0.95
24. — — — n° 5. »	0.80	1.80	2.33	10.02	14.95	0.95

DES HAUTS-FOURNEAUX A MOULAGES OU A FONTES DE MOULAGES

Largeur aux tuyères	Diamètre à la naissance des étalages	Diamètre du ventre	Diamètre du gueulard.	Nombre de tuyères	Production en fonte par 24 heures	
m.	m.	m.	m.		kilog.	
0.45	0.75	2.25	0.90	2	3.500	
0.55	0.70	2.10	0.80	1	2.400	
0.55	0.55	1.90	0.65	1	2.200	La cuve est à section carrée, elle est raccordée avec les étalages par une partie mi-cylindrique de 0.40 de hauteur.
0.50	0.55	1.70	0.55	1	2.000	La base des etalages est prise à partir des tuyères.
0.52	0.52	2.50	0.80	2	3.200	
0.90	1.06	3.30	1.20	2	9 à 10.000	Marche du mélange de 2/3 charbon et 1/3 coke.
1.25	1.25	3.00	1.75	2	4.500	Nous comprenons peu les formes et proportions de ce fourneau relevées dans la *Métallurgie* de Percy.
0.65	0.80	2.05	0.80	2	2.500	
0.65	0.67	2.05	0 65	2	3.000	Ces dimensions ont été données par les traducteurs de la *Métallurgie* de Percy.
0.63	0.80	1.95	0.65	2	3.200	Ces dimensions ont été relevées par nous, sur place. La cuve est augmentee d'une partie cylindrique de 0 m. 30 de hauteur à la suite des etalages.
0.60	0.83	2.75	1.30	2	4.000	Les dimensions au diamètre des étalages et du gueulard etaient en 1848 : 2 m. 10 et 1 mètre.
0.54	0.80	2.20	0.85	1	3.000	Ces dimensions ont du être exagerés, si on les compare avec celles du n° 10.
0.70	0.85	2.40	1.00	2		
0.50	0.60	2.25	0.72	2	3.500	Ces dimensions sont celles que j'ai fait adopter en 1856.
0.65	1.00	3.00	1.20	2	8 à 9.000	Marche au coke et charbon. La cuve est raccordée aux étalages par une partie cylindrique de 1 m. 60, comprise dans la hauteur de 7 m. 60.
1.45	2.50	4.50	2.75	3 à 5	25.000	Même construction pour le fourneau de Styring; la partie cylindrique ayant 1 mètre de hauteur.
1.75	2.15	5.00	3.00	3	25.000	Même construction avec partie cylindrique, de 1 m. 25 de hauteur.
1.05	1.22	4.27	1.80	2	13.000	
1.05	1.40	4.50	1.80	2	10.000	Ces trois hauts-fourneaux marchant en moulages.
1.10	1.53	4.43	1.90	2	12.000	
0.84	1.00	3.95	2.00	2	16.000	Voir le croquis, pour la forme et la disposition de la cuve et des étalages.
0.76	1.00	3.50	1.75	2	15 à 16.000	
1.05	1.19	4.60	1.85	2	12 à 13.000	Tous deux marchant en gros moulages et fontes à moulages. Ces deux hauts-fourneaux appartiennent à un même massif. Ils ont été construits en même temps par Thomas et Laurens. Les variations, existant dans les dimensions, proviennent de légères modifications au remontage.
1.05	1.40	4.40	1.90	2	12 à 13.000	

Formes. — On doit éviter, dans la construction des hauts-fourneaux, l'emploi de formes irrégulières. Les formes adoptées, sont la forme circulaire pour la cuve et les étalages, la forme rectangulaire ou ovale pour les ouvrages et le creuset. Les parties de l'ouvrage qui se joignent aux étalages, sont raccordées par des surfaces courbes et des angles arrondis.

Dans quelques rares petits fourneaux au charbon de bois, on a employé la forme quadrangulaire pour la cuve, des étalages au gueulard, ainsi le fourneau de Bologne (fig. 3, pl. 6), bien que cette forme doive moins satisfaire aux conditions voulues d'uniformité pour la descente des charges. Il est douteux, quand même on y trouverait quelque économie, que cette disposition put être conservée.

On arrondit quelquefois les ouvrages à leurs angles, de manière à leur donner la forme d'un ovale aplati (fig. 2 et fig. 15 *bis*). Cette forme semble, dans de certaines limites, devoir protéger les parois qui, lorsqu'elles sont composées de surfaces planes, assemblées à angles vifs tendent d'elles-mêmes, pendant le *fondage* (1), à s'élargir et à prendre la forme circulaire.

Voulant favoriser la distribution du vent dans l'ouvrage, en donnant à celui-ci une forme plus rapprochée de celle qu'il conserve après sa destruction, et qui, par cela même, semble devoir lui être plus propre, nous avions adopté pour l'un des *remontages* du fourneau de Tusey, la forme de l'ovale aplati.

La largeur du creuset à la rustine était de $0^m,61$; il venait en se rétrécissant jusqu'à la dame, à $0^m,42$, et sa longueur, depuis la rustine jusqu'à la fausse tympe, était $0^m,66$; les axes des deux tuyères étaient écartés de $0^m,17$. Cet essai, qui ne fut pas recommencé, donna un mauvais résultat. Pourtant, il est probable que la forme ovale ne dût pas être nuisible.

Le défaut de réussite, pouvait plutôt être attribué à un écart trop grand entre les axes des tuyères et au montage défectueux de l'ouvrage en briques réfractaires. Ces briques, taillées à la main, pour obtenir la forme utile, présentèrent des parties anguleuses peu solides.

L'axe commun de la cuve et de l'ouvrage, déterminé par un fil à plomb, sert à tracer et à guider (fig, 1, pl. 7) le travail de construction à l'intérieur du fourneau. Toutes les parties des deux troncs de cônes qui cons-

(1) On entend par fondage, la durée du roulement d'un haut-fourneau, depuis la mise en feu jusqu'à la mise hors ; cette période qu'on désigne aussi sous le nom de *train* ou de *campagne* est plus ou moins longue, suivant l'allure du fourneau, la qualité des matériaux employés à la construction et les accidents possibles. Il peut arriver qu'un haut-fourneau fasse un train de quinze jours ou d'un mois, comme aussi un autre de dix-huit mois ou de deux ans, même plus. La durée des fondages pour les fourneaux en moulages, marchant au charbon de bois, varie entre neuf et quinze mois.

tituent la cuve et les étalages, celles verticales des costières et de la rustine, celles qui forment l'évasement de l'ouvrage, lorsqu'il se réunit aux étalages, sont entièrement dépendantes de l'axe commun ; le déplacement de cet axe, serait d'un effet nuisible sur l'allure du fourneau. Il en résulterait des descentes obliques, des chutes et des éboulements pouvant détruire les parties hors de l'aplomb.

Constructions. — On donne, à la maçonnerie extérieure des hauts-fourneaux, la forme d'un tronc de cône ou celle d'un tronc de pyramide quadrangulaire, et souvent une disposition procédant de toutes deux; cependant, on doit préférer la première qui est plus économique. Cette maçonnerie est établie en pierre de taille, parfaitement liées ensemble au mortier à ciment, et cerclées ou retenues par de longues tringles de fer dont les extrémités sont clavetées contre des plaques d'ancrage en fonte.

On choisit les pierres de taille telles qu'on les trouve sur le lieu le plus rapproché de la construction ; mais il est bon d'employer, pour les parties qui environnent l'avant-creuset, des pierres qui ne soient pas sujettes à la calcination, ce qui nuirait à la solidité du massif.

Les fondations des hauts-fourneaux doivent être solidement établies, à l'abri de toute humidité. Elles peuvent être voûtées, autant pour éviter un emploi inutile de matériaux que pour créer des courants d'air, dont l'effet prévient une trop forte expansion de chaleur. Les cavités, pratiquées sous la sole des hauts-fourneaux, servent au besoin à loger une partie des conduites de tuyaux en fonte, qui distribuent l'air. En tous cas, celles-ci doivent être accessibles sur tous les points, pour qu'on puisse vérifier aisément s'il n'existe pas des fuites nuisibles à l'effet des machines soufflantes.

Le devant du fourneau, appelé *poitrine* ou *côté* du travail, est évidé et forme, en se réunissant aux mureaux qui garnissent l'avant-creuset, une sorte de niche terminée par deux angles obtus. La partie supérieure de cette cavité, est supportée par une rangée de poutrelles, qu'on nomme *marâtres*. Des enfoncements semblables sont reproduits aux tuyères et derrière la rustine. Cette dernière peut servir d'étuve en la fermant par une porte en tôle.

Pour obtenir plus de légèreté dans la construction du massif, on la supporte à hauteur des étalages sur un entablement porté par des colonnes recevant des poutres en fonte. Quelques hauts-fourneaux de petites dimensions sont recouverts, comme les cubilots, de plaques en fonte boulonnées ou retenues par des cercles en fer. A l'intérieur de cette enveloppe, on pilonne ou l'on coule du sable, pour appuyer les briques et la pierre qui forment la cuve.

Les parois de la cuve, sont construites en briques réfractaires d'une

qualité inférieure à celle des briques de l'ouvrage, quelquefois même en pierre de grès. Dans ce dernier cas, les pierres sont taillées d'avance et ajustées, selon l'inclinaison de la cuve au moyen d'un calibre de même forme, composé d'une règle fixée sur l'axe par plusieurs traverses horizontales. L'axe est mobile, sur un pivot et fait tourner le calibre qui détermine la position de chaque rangée.

Pour que l'appareil soit établi, d'une manière régulière et solide, il est essentiel, après avoir fixé la hauteur des briques, qui est ordinairement 0m,08, de faire un tracé de toutes les assises et d'appliquer à chacune d'elles un moule particulier. Ces tracés s'obtiendront facilement en décrivant, au niveau de chaque assise, des circonférences concentriques, depuis la naissance de la cuve jusqu'au gueulard.

Quoique la dépense des moules à briques soit de peu de conséquence, on peut sans inconvénient, pour ne pas multiplier les types, faire servir le même moule pour établir plusieurs assises qui n'offrent entre elles qu'une légère différence en raison de leur faible hauteur.

Voici le nombre des briques dont on a employé dix échantillons seulement, pour la construction d'une cuve qui avait 5m,35 de hauteur, sur 2m,23 de diamètre en bas, et 0m,95 en haut. Ces briques, faites avec 2/3 de terre réfractaire argileuse et 4/3 de sable blanc, étaient payées aux ouvriers, à raison de 5 fr. par 1,000 kilogrammes. Bien que les densités fussent variables, nous donnons le poids de ces briques, pour servir aux études du prix de revient d'une cuve en briques réfractaires. Les numéros sont indiqués en commençant par le bas de la cuve :

Nos 1.	317	briques de	15 kos	50. .	4.913 kos	50	
2.	278	—	15	00. .	4.170	00	
3.	271	—	14	50. .	3.929	50	
4.	259	—	14	50. .	3.755	50	
5.	220	—	14	00. .	3.080	00	
6.	202	—	13	50. .	2.727	00	
7.	177	—	13	00. .	2.301	00	
8.	164	—	12	50. .	2.050	00	
9.	145	—	12	50. .	1.812	50	
10.	117	—	12	00. .	1.404	00	
	2.150	briques en tout, pesant			30.143 kos,00		

On peut voir que le poids des briques s'abaisse à mesure que les circonférences des assises deviennent moindres, en s'approchant du gueulard; et qu'en même temps la courbure des segments se faisant plus sentir, il a été plus difficile de répéter l'emploi des briques de même moule pour plusieurs assises.

On laisse dans la construction du massif d'un haut-fourneau, un vide circulaire *u*, *u* (fig. 2, pl. 7), compris entre l'enveloppe de la cuve et celle formée par la maçonnerie extérieure. Ce vide, rempli de matières peu conductrices du calorique, telles que des pierres ou des sables brulés, des laitiers concassés au marteau, sert à empêcher les déperditions de chaleur, autant qu'à faciliter les effets produits par la dilatation lors

de la mise en feu, et par la contraction au moment de la mise hors. Par les mêmes raisons, et pour servir à l'échappement des vapeurs occasionnées par le séchage, on a soin de disposer des canaux et des soupiraux, qui communiquent avec l'espace intermédiaire dont nous venons de parler.

Les ouvrages sont établis en briques réfractaires, en pierres de grès ou en sable. Il faut s'abstenir de multiplier les joints et, pour cela, choisir de gros blocs de pierre ou employer des briques de grandes dimensions. Tous les joints doivent être faits avec un mortier liquide, d'argile réfractaire, et garnis avec le plus grand soin, si l'on veut éviter les dégradations qu'amènerait le feu en s'introduisant dans les fissures. Cette précaution est à observer également pour le montage de la cuve.

Si les briques réfractaires sont préférées aux grès pour la construction des cuves, ces derniers sont d'un avantage plus reconnu pour la confection des ouvrages, lorsqu'on peut se les procurer en blocs de fortes dimensions. Il est des ouvrages dont la sole est faite d'une seule pierre, et dont la rustine, la fausse tympe, les costières sont prises dans un seul bloc. Lorsque les grès ne sont pas mélangés de parties fusibles, ces ouvrages peuvent durer longtemps.

Beaucoup de hauts-fourneaux situés dans les départements de la Meuse, des Vosges et de la Haute-Marne, ont leurs ouvrages montés en sable. Les quelques usines qui emploient des briques réfractaires, soit pour la construction des hauts-fourneaux, soit pour celle des fours destinés à la fabrication du fer, les confectionnent elles mêmes avec les matériaux les plus voisins.

La composition de ces briques forme les quatre numéros ou échantillons suivants :

N°s 1. — 2/3 cailloux de la Moselle, 1/3 terre de Villy-en-Trodes (Haute-Marne).
2. — 1/3 cailloux, 2/3 terre du Vert-Bois (Haute-Marne).
2 *bis*. 2/3 vieilles briques, 1/3 terre du Vert-Bois.
3. — 2/3 terre du Vert-Bois, etc., 1/3 sable de Gironcourt (Vosges).
4. — 2/3 sable jaune réfractaire, 1/3 sable blanc de Gironcourt.

Les vieilles briques et les cailloux de la Moselle sont broyés en poussière très fine, sous les pilons d'un bocard ou au moyen de meules.

Les deux premiers numéros sont affectés au montage des ouvrages et des parties des fours qui sont soumises à une forte température. Les deux autres sont destinés à la construction des cuves et autres endroits des fours qui ne reçoivent pas autant l'atteinte directe du feu. Les compositions ci-dessus sont données pour indiquer, par analogie, les proportions à conserver.

L'étude des sables et des terres réfractaires est importante. On

reconnaît qu'un sable contient des parties calcaires par l'effervescence qu'il produit, lorsqu'on verse dessus quelques gouttes d'acide nitrique ou d'acide sulfurique. On peut vérifier en même temps, d'une manière à la fois certaine et pratique, la terre ou le sable dont, au premier abord, on ne reconnaît pas entièrement les propriétés, en introduisant, pendant un temps déterminé, au milieu d'un foyer pénétré d'une chaleur intense, soit par la tuyère d'un haut-fourneau ou d'un cubilot, par exemple, un morceau de cette terre ou de ce sable, suffisamment tassé pour qu'il conserve de la consistance.

Le montage des ouvrages en briques ou en pierres, est l'affaire d'un maçon adroit. Cette opération s'expliquant d'elle-même, nous nous dispenserons de la décrire ; nous nous contenterons de parler de la construction des ouvrages en sable.

Si le sable réfractaire choisi pour la construction d'un ouvrage est mélangé de quelques grès en morceaux assez gros pour gêner la compression par couches égales, il est nécessaire d'écraser les mottes et de passer le sable à la claie, afin de lui donner un grain uniforme. Une addition de 1/5 à 1/6 de silex broyé, donne une composition plus durable au feu que le sable employé seul (1). Le sable à mettre en œuvre doit être assez mouillé pour qu'il puisse se lier facilement, mais, cependant, pas assez frais pour qu'il s'attache aux doigts quand on le serre dans la main.

Ce sable ayant acquis par la préparation la qualité qui lui convient, on commence la construction de l'ouvrage par l'établissement de la sole, qui se compose de plusieurs couches solidement damées avec des fouloirs en fer semblables à ceux des mouleurs. Ces fouloirs terminés par des arêtes d'une épaisseur de 1 ou 2 centimètres, doivent laisser des empreintes assez profondes pour servir à relier les couches entre elles. A cet égard, on peut toujours éviter le défaut d'adhérence entre les *foulées*, et empêcher les solutions de continuité, en pratiquant des incisions ou en arrosant la superficie du sable, alors qu'elle a pu sécher si l'opération a été interrompue.

Après que la sole est arrivée à la hauteur voulue, on fixe le centre de l'ouvrage suivant l'axe du fourneau, figuré par un fil à plomb descendant du gueulard. C'est ce point marqué sur la sole qui détermine la position respective des différentes parties du travail intérieur du fourneau.

Alors on établit la caisse rectangulaire *a*, *a* (fig. 11 et 12, pl. 7),

(1) Il serait coûteux de broyer les fragments de silex, si l'on n'avait soin de les chauffer au rouge et de les précipiter dans l'eau. Cette opération qu'on appelle *étonner* les cailloux et qui les divise, rend possible et plus facile, le travail de la meule ou des pilons. Dans les fonderies, on peut, après la fonte, remplir le cubilot avec des cailloux chauffés ainsi sans dépense de combustible.

maintenue à l'intérieur par les supports *e*, *e*. Cette caisse représentant la contre-partie de la rustine et des costières, jusqu'à la hauteur des tuyères, est échancrée à sa partie antérieure et supporte un plancher *n*, *n*, sur lequel doit s'élever la fausse tympe. On continue à damer le sable en suivant la méthode que nous avons indiquée et en ayant soin de le maintenir en dehors de l'ouvrage, avec des planches suffisamment appuyées de chaque côté de l'avant-creuset, pour que la pression exercée par le battage ne les fasse pas céder. Quand les parois du creuset et de l'avant-creuset sont garnies de sable bien foulé, on procède à la pose des tuyères et de la tympe.

Si l'on emploie des tuyères et une tympe en métal, on se bornera à réserver la place des premières à l'aide de morceaux de bois de forme cylindrique ou conique, et à poser de suite la tympe en l'appuyant sur les deux bords de la caisse et en la calant avec soin contre la maçonnerie du fourneau. Au cas où l'on ferait usage de tuyères et de tympes à eau, la mise en place exigerait un peu plus de temps, parce qu'on devrait fixer immédiatement ces parties accessoires à l'endroit où l'on aurait mis les morceaux de bois et assembler les tuyaux destinés à conduire l'eau. La hauteur des tuyères est indiquée par la ligne passant au centre des buses, perpendiculairement à l'axe du creuset; cette ligne étant facilement obtenue par une ficelle tendue d'un robinet à l'autre. Pendant le damage autour et au-dessus des tuyères, on peut construire un petit mur en briques cuites ordinaires ou en moellons, pour retenir provisoirement le sable foulé.

Ces dispositions terminées, on établit un deuxième gabarit *b*, ouvert à chaque extrémité et assemblé en forme de trémie, et l'on continue comme précédemment, à comprimer le sable, qui doit former la partie évasée de l'ouvrage jusqu'à sa jonction aux étalages. Pendant cette opération, on a dû continuer à damer le sable au droit des autres faces sur le plancher de la fausse tympe et sur la tympe, en le retenant toujours sur le devant du fourneau par des planches bien calées et par le tacret qui repose à sa partie inférieure sur la tympe et qui est maintenu en avant par plusieurs ringards (fig. 37, pl. 7), enfoncés dans le sol et formant supports.

Lorsque le foulage est parvenu à la hauteur des étalages, on établit ceux-ci en comprimant le sable par couches inclinées qu'on dirige vers la naissance de la cuve, en se guidant avec une trousse. Pour fouler le sable des étalages et des autres parties de l'ouvrage qui présentent une certaine épaisseur, on peut remplacer le fouloir en biseau par la *batte ronde* ou *pilette* (fig. 34, pl. 7).

Après le battage, on retire du fourneau toutes les planches et les gabarits ayant servi à maintenir le sable; on taille les étalages au moyen

d'un *racloir*, en s'aidant d'un calibre tournant, le même dont on s'est servi pour le montage de la cuve.

Les contours étant préférables aux angles vifs, on a soin d'arrondir les points de rencontre de la cuve et des étalages, des étalages et de l'évasement du creuset, etc. Si les tuyères adoptées sont des tuyères à eau, on a dû, en les plaçant, les reculer de 3 ou 4 centimètres hors de l'intérieur; leur museau, recouvert d'une couche de sable est taillé et affermi à la batte (fig. 35, ou au maillet fig. 32), de même que toutes les autres parties des parois intérieures. Les outils employés pour tailler le sable sont le *racloir* (fig. 33); un autre, semblable à celui-ci, mais dont le manche est recourbé, et la *tranche* (fig. 36).

Pour mettre les parois à l'abri des premières atteintes du feu, quelques fondeurs les recouvrent d'un enduit composé de 4/5 de terre réfractaire et de 1/5 de laitier pilé et de poussier de charbon délayé dans l'eau. Une deuxième couche, après un commencement de séchage préalable, peut servir au bouchage des fissures produites par le premier effet de la dessication.

Le rafraîchissement par l'eau, dans les tuyères et dans les tympes, n'est pas admis partout, quelques fondeurs étant encore pénétrés de l'idée que cette méthode peut amener des refroidissements nuisibles à l'allure des hauts-fourneaux.

On peut écarter ce mauvais effet, en supposant qu'il existe, par l'emploi de filets d'eau, s'écoulant sans pression et sortant des tuyères ou des tympes qu'ils ont alimentées, avec une température de 55° à 60°. On ne pourrait craindre, en pareil cas, que des fuites résultant de joints mal faits.

La figure 15, de la pl. 7, représente une tuyère à eau, dont l'enveloppe extérieure, en fonte, est jointe, à son recouvrement intérieur en forte tôle, au moyen de huit boulons rivés. Cette tuyère reçoit l'eau froide par l'orifice *a*, et la rend ensuite par l'orifice *b*. Une telle disposition est vicieuse, si l'on veut éviter les refroidissements dont nous parlions tout à l'heure, la fraîcheur de l'eau étant appliquée trop directement sur le *museau* ou *nez* de la tuyère.

La tuyère indiquée figure 20, dont on voit une coupe dans la figure générale 17, est d'un usage meilleur sous divers rapports (1). Elle ne présente pas, comme la précédente, l'inconvénient des joints, étant d'un

(1) Un grand nombre de hauts-fourneaux emploient les tuyères en fer forgé d'une seule pièce, fabriquées dans les Ardennes; ces tuyères qu'on vend 120 à 130 francs pièce, c'est-à-dire à un prix aussi peu élevé que celui que coûteraient des tuyères en fonte ont, sur ces dernières, l'avantage de la durée et de la solidité; mais il faut pour qu'on puisse compter sur leur usage, qu'elles soient l'objet d'une fabrication spéciale comme celle de Charleville; autrement des tuyères en fer, mal confectionnées, vaudraient moins que des tuyères en fonte.

seul jet et elle produit moins de fraîcheur dans l'ouvrage, parce qu'elle prend l'eau par l'ouverture *c*, pour la rendre en *d*. Les deux trous *e* et *f*, indispensables d'ailleurs pour le moulage, sont utiles pour le nettoiement de l'intérieur de la tuyère; on les tient bouchés par deux tampons en fer, vissés dans la fonte. L'extrémité de la buse vient s'appliquer contre la tuyère de manière à la fermer exactement, comme le montre la figure 17; cette disposition a pour objet d'éviter le reniflement nuisible à l'effet de la machine soufflante et d'empêcher, dans une certaine mesure, l'entrée de l'air atmosphérique pouvant, à tort ou à raison, causer quelques irrégularités dans l'allure des fourneaux.

Une autre sorte de tuyère, très avantageuse et plus simple, est celle dite à *serpentin*, faite avec tubes de fer creux de 30 à 40 m. de diamètre intérieur et dont la disposition est représentée par la figure 8.

Les précautions à prendre, pour conserver les tuyères à eau et notamment celles en fonte, sont les suivantes :

Dégagement nécessaire, par les trous de nettoiement, des tartres que l'eau dépose à son passage et qui, obstruant l'intérieur de la tuyère, en provoqueraient la fusion;

Épaisseur réduite à 0m,025 au plus, de l'enveloppe extérieure de la tuyère, à l'endroit où elle regarde dans le fourneau. Le refroidissement ne serait ni assez subit, ni assez prolongé si cette épaisseur était trop grande, et le museau s'échauffant rapidement pourrait être détaché par le ringard du fondeur. A cette occasion, nous dirons que le plus sûr moyen d'obtenir des tuyères en fonte, de bonne qualité, est de les couler le nez renversé, en suspendant les deux noyaux.

Attention, apportée par le fondeur, à ne pas laisser des amas de fer affinés s'arrêter sur le nez de la tuyère et faire corps avec elle, pour ne s'en arracher qu'en la détruisant.

Dans la prévision d'accidents, il convient d'avoir en magasin une ou deux tuyères, et même une tympe de rechange.

Les tympes à eau du genre de la figure 14, pl. 7, peuvent avoir une épaisseur de 3 ou 4 centimètres. Leur longueur est dépendante de la largeur de l'avant-creuset. Leur appui sur les costières doit être de 0m,30 au moins de chaque côté. Comme pour les tuyères, il faut se ménager les moyens de nettoyer les tympes; pour cela on évite de placer, dans la maçonnerie, les joints des tuyaux d'eau et l'on se réserve la faculté de les démonter aisément.

L'idée de rafraîchir le devant de l'ouvrage, en humectant le sable de la fausse tympe par un courant d'eau dirigé derrière le tacret, a été mise à exécution, pour la première fois, au haut-fourneau du Val-d'Osne où elle a été abandonnée. Pour ceux de nos lecteurs qui voudraient revenir sur cette application, nous indiquons, par la figure 28, de la planche 7, comment on pourrait disposer le tacret, sous la forme

d'une boîte ou hotte en fonte, occupant la largeur du creuset, et recevant l'eau par l'orifixe *x*, pour la laisser échapper par une ouverture placée à l'autre extrémité.

Séchage et mise en feu. — Avant de mettre le haut-fourneau en activité, il faut commencer par le sécher et s'il est construit à neuf, le séchage exige de grands soins. Après avoir nettoyé le creuset, non encore fermé par la dame, on allume, à l'entrée de l'avant-creuset, avec des fagots ou de la tourbe, un feu doux entretenu pendant deux ou trois jours. Puis, à l'aide de plusieurs ringards, appuyés à une extrémité contre la rustine et soutenus en dehors du fourneau par un bloc de fonte, on forme une grille sur laquelle on brûle, pendant quelques jours, du bois sec ou de la houille.

Il est meilleur de se servir d'un four provisoire (fig. 21, pl. 7), dont la voûte, semblable à celle d'un four à réverbère, vient s'abaisser sur la tympe. Pour ménager les parties des costières et de la fausse tympe soumises au contact trop direct de la flamme, il convient de les revêtir d'une fausse enveloppe de briques posées sur champ sans aucun mortier.

Dès que la dessiccation est assez avancée on retire la grille, ou l'on démolit le four, suivant la disposition prise ; puis, on garnit la sole de charbons allumés sur lesquels on charge du combustible jusqu'à emplissage partiel ou total du fourneau. Après cela, on ferme toutes les issues pouvant donner entrée à l'air et on laisse le feu se propager lentement. Enfin, dès que la charge commence à baisser au gueulard, on peut se préoccuper de charger le minerai par faibles doses en le faisant précéder de quelques pelletées de castine.

Il est temps alors de mettre en train la première *grille* consistant à rétablir les ringards dans la position déjà indiquée et à leur faire supporter la colonne des charbons contenus dans le fourneau ; le tirage provoqué activement par la disposition de cette grille a pour but, d'échauffer les parties inférieures de l'ouvrage et d'avancer la combustion dans les parties supérieures. Chaque grille dure environ trois quarts d'heure ; on laisse écouler entre les premières un assez grand laps de temps, et l'on accélère les dernières quand on juge que le fourneau est assez chaud. L'appareil peut rester en cet état pendant plusieurs jours, la quantité de grilles utiles, dépendant de la capacité à sécher et de la qualité des charbons.

Si le fourneau à mettre en feu a déjà servi et si l'ouvrage a été seulement reconstruit, la dessiccation est moins longue à opérer. Il faut cependant apporter toutes les précautions utiles, pour que les parois ne soient pas endommagées par une chaleur trop forte en commençant.

Il suffit, dans cette hypothèse, de faire pendant un ou deux jours sur

la grille, un petit feu entretenu avec de la houille. En brûlant dans la dernière période (pour un fourneau de 9 à 10 mètres), 6 à 800 kilogrammes de houille, on peut économiser un tiers du charbon dont on remplit la cuve. On fait des grilles, comme dans le cas précédent, mais en nombre moins grand.

L'écoulement de la castine, aux tuyères, indiquant que les premières charges en minerais vont arriver, on s'empresse de préparer la dame.

Pour cela on comprime, comme pour le montage de l'ouvrage, le sable à la hauteur des costières et contre une plaque de fonte placée verticalement à l'extrémité de l'avant-creuset en même temps qu'elle est maintenue par une cale appuyée sur la tympe. C'est ce talus, recouvert d'une plaque de fonte, qui constitue la dame. La plaque de dame est en une ou deux pièces sur la longueur et peut avoir $0^m,06$ à $0^m,10$ d'épaisseur. La partie plus sujette à la destruction, c'est-à-dire celle placée près de l'avant creuset est naturellement la plus épaisse étant plus susceptible d'être brûlée par les laitiers.

Pour un fourneau destiné à la production de la fonte en gueuses, on ménagerait, en rejetant la dame sur le côté, une ouverture verticale servant au *trou de coulée*. Cette ouverture, de toute la hauteur de l'avant-creuset, est remplie par plusieurs couches de sable comprimées solidement; elle est percée à des hauteurs diverses, et au niveau de la sole, quand il s'agit de couler *en grand*.

La dame placée, on garnit l'avant-creuset d'une couche de fraisil humide dont l'effet est d'empêcher la première fonte d'adhérer au sable qui n'a pas encore acquis une température suffisante pour la recevoir sans danger. C'est ce travail, que les fondeurs appellent *mettre les fraisils*.

Enfin, la dernière opération, avant de souffler, consiste à remplir le creuset de plusieurs rasses de charbon serré avec force sous la tympe pour ne pas laisser, au début, un trop libre passage à la flamme.

Tous les préparatifs nécessaires à la pose de la dame, la mise en place des fraisils, etc., doivent être conduits avec la plus grande activité. Il est important qu'on puisse donner le vent au fourneau, quelques charges avant l'arrivée du minerai qui, dans le cas contraire, tomberait non fondu sur la sole et donnerait, à la première coulée, de la fonte blanche et, peut-être, un commencement d'engorgement.

Voici pour un fourneau de 8 à 10 mètres de hauteur, comment on peut régler, au début, les premières charges en minerais, jusqu'à ce qu'on ait mis l'appareil en marche courante :

4 charges de	0k,36l	de minerais et	5k,76l	de charbon.
8	—	0 54	—	—
8	—	0 72	—	—
8	—	0 81	—	—
8	—	0 90	—	—
4	—	0 99	—	—
16	—	1 08	—	—
30	—	1 17	—	—
16	—	1 26	—	—
38	—	1 30	—	—
16	—	1 35	—	—

En relevant le chiffre total de cette consommation on pourrait s'assurer que pour fondre 172 hect. 70 litres de minerais jetés au fourneau en 146 charges, il a fallu 840 hect. 96 litres de charbon, quantité énorme, mais inévitable à toutes les mises en feu.

Ce mode de chargement peut être singulièrement modifié d'après l'allure du fourneau, avant même qu'on ait commencé à souffler et surtout pendant les premiers jours qui suivent la mise en feu.

Le fourneau dont nous venons d'indiquer les premières séries de charges avait été séché, pendant quarante-huit heures environ, avec du bois et de la tourbe. On l'avait rempli avec 220 hectolitres de charbon et 20 hectolitres de tourbe mêlée aux premières charges de charbon. On avait eu soin de jeter 6 à 8 litres de castine sur chacune des dix charges de 5 hect. 76 de charbon qui précédaient le minerai, et l'on avait fait huit grilles, quand le vent fut donné, six jours après qu'on eût commencé le séchage. Au moment de souffler, la température du fourneau était très élevée ; elle augmenta encore les jours suivants pendant lesquels on coula de la fonte bien chaude quoique très noire.

La manière de disposer la mise en feu est une question de tact et d'habitude de la part des personnes chargées de la conduite des hauts-fourneaux. Parmi les moyens à adopter, on doit, sans contredit, s'arrêter à ceux qui présentent le plus d'économie sous le rapport des matières premières, mais bien plus encore à ceux dont on attend les meilleurs résultats. Pour indiquer, par aperçu, de quelle manière on peut procéder en pareil cas, nous mettons en regard deux mises en feu du même haut-fourneau dont, chaque fois, les étalages et l'ouvrage avaient été seulement refaits à neuf, laissant nos lecteurs libres de tirer telles inductions qu'ils jugeront convenables :

Mise en feu A.

On a brûlé en 45 heures 228 fagots, et ensuite en 49 heures 1,200 kilogrammes de houille.

Mise en feu B.

On a brûlé en 60 heures 810 fagots, et ensuiie en 15 heures 510 kilogrammes de houille.

On a chargé ensuite :

70 rasses de charbon pesant.			1.400	k. ch.
2 charges formant 64 k. minerais et			200	—
2 —	96	—	200	—
6 —	384	—	600	—
16 —	1.280	—	1.600	—
Il a été usé jusqu'au tire-palle.	1.824	—	4.000	—
Pour arriver à la première coulée, on a fait 20 charges, représentant. . .	1.890	—	2.000	—
On a donc chargé jusqu'à la première coulée.	3.714	—	6.000	—

120 rasses de cbarbon pesant			2.400	k. ch.
16 charges formant 512 k. minerais et			1.600	—
3 —	144	—	300	—
TOTAL . .	656	—	4.300	—
On a chargé jusqu'au tire-palle.	880	—	1.100	—
Pour arriver à la première coulée, on a fait 27 charges représentant.	2.932	—	2.700	—
On a donc chargé jusqu'à la première coulée.	4.468	—	8.100	—

Mise en feu A.

Les dépenses de cette mise en feu se sont élevées à :

228 fagots à 12 fr. le 100.	27 fr.	30
1.200 k. de houille à 50 fr. les 1,000 k.	60	»
6.000 k. de charbon ou 15 b. à 35 fr. .	525	»
3.714 k. de minerais ou 5 b. 30 à 8 fr.	42	40
TOTAL.	654 fr.	76

Mise en feu B.

Les dépenses de cette mise en feu se sont élevées à :

810 fagots à 12 fr. le 100.	97 fr.	20
510 k. de houille à 50 fr. les 1,000 k.	25	50
8.100 k. de charbon ou 20 b. 25 à 35 fr.	708	75
4.468 k. de minerais ou 6 q. 38 à 8 fr.	51	04
TOTAL	882 fr.	49

La mise en feu B a été plus satisfaisante que la mise en feu A. Elle a duré plus de temps, parce qu'on a brûlé plus de fagots qu'il était nécessaire, en attendant que le placement de la tympe et des tuyères à eau fut achevé.

Peu de jours après la mise en feu A, on fut forcé de réduire la charge en minerais, que la chaleur supposée dans l'ouvrage, après la première coulée, avait fait d'abord estimer plus grande. Les premières coulées de la mise en feu B, au contraire, atteignirent une température toujours croissante qui permit d'augmenter successivement les charges en minerai, celles en charbon portées à 100 kilogrammes dans chaque roulement, restant d'ailleurs les mêmes.

On n'avait fait qu'une seule grille pour la mise en feu A, comptant sur l'effet des 1,200 kilogrammes de houille brûlée dès le commen-

cement; mais pour la mise en feu B, on brûla moins de houille et l'on fit six grilles, ce qui réussit mieux à chauffer l'ouvrage. C'était là le point essentiel, et l'on ne dut pas regretter le surcroît de dépense de la deuxième mise en feu, sur la première.

Travail pour la coulée. — Aux premiers jours du roulement, on ne doit couler que lorsque le creuset est entièrement plein; c'est la meilleure manière de l'échauffer promptement.

Dans les fourneaux en moulages, il est rare que les premières coulées soient employées autrement qu'à fournir des sapots de fonte noire pour la deuxième fusion. Il ne serait pas utile, que cette fonte fût destinée immédiatement aux mouleurs, et nous ne conseillerons une telle disposition, qu'autant qu'elle serait exigée par l'exécution de commandes non susceptibles de retard ; ce qui peut se produire, dans les hauts-fourneaux qui ne sont pas aidés de cubilots et dont la mise hors a interrompu le travail des mouleurs. Aussi, existe-t-il aujourd'hui, peu de hauts-fourneaux à moulages qui ne possèdent une fonderie de deuxième fusion.

La difficulté d'utiliser, pour le moulage, la fonte des premières coulées, est facile à comprendre. En effet, cette fonte ordinairement épaisse, noire, souvent recouverte de graphite, conviendrait à peine pour un petit nombre d'objets ne demandant ni exécution soignée, ni précision, ni même solidité. Pour la modifier, il faudrait abuser de la température encore incertaine du fourneau, après la mise en feu, en ajoutant à la charge une plus forte proportion de minerais, que celle voulue d'abord. On pourrait à la vérité obtenir, peut-être, par ce procédé, deux ou trois coulées de fonte assez chaude et propre à couler toutes pièces, mais il se produirait bientôt un refroidissement sensible, qui obligerait de ramener la charge à son état primitif, d'où, un retard fâcheux dans la marche du fourneau et plusieurs coulées de fonte blanche, si la réduction de la charge n'avait pas été faite à propos.

Le temps qui s'écoule entre l'instant où l'on a commencé à souffler et celui où l'on coule pour la première fois, dépend principalement de la quantité de vent lancé dans le fourneau, et de la grandeur de l'ouvrage.

Quelques heures après la mise en train, lorsqu'il reconnaît aux tuyères et par le soulèvement de la couche de charbon, qui recouvre l'avant-creuset, la présence dans le creuset d'une certaine quantité de métal en fusion, le fondeur fait usage du ringard pour sonder l'ouvrage dans toute sa longueur et ouvrir un passage aux laitiers, en dégageant les matières durcies attachées aux costières et au-dessous de la tympe. Pour éviter de refroidir l'avant-creuset et pour faciliter l'écoulement

des laitiers, le vent ne doit pas être interrompu pendant cette opération que les ouvriers appellent, *relever devant*.

Quand les scories viennent garnir l'avant-creuset, on les recouvre de quelques pelletées de fraisil, afin d'en arrêter le durcissement. Et, le travail se borne, jusqu'à l'heure de la coulée, à entretenir un écoulement constant en dégageant, avec le *crochet* (fig. 39, pl. 7), les matières figées sur la dame.

Le travail qui vient d'être décrit offre plus de difficultés dans les fourneaux au coke, à cause de la viscosité des laitiers. On est obligé de nettoyer l'avant-creuset à l'aide d'énormes ringards, conduits par plusieurs ouvriers, et de hâler les laitiers, souvent tenaces et gluants, au moyen de la pelle et du crochet.

Peu de temps avant la coulée, le fondeur enfonce de nouveau et à plusieurs reprises, jusqu'à la rustine, son ringard qu'il retire en le promenant d'une costière à l'autre. Cette opération a pour but de provoquer la sortie de tout le laitier contenu dans le creuset et de faire descendre la charge suspendue au-dessus des tuyères, en évitant son irruption dans le bain, au moment de la coulée.

Cela fait, il laisse souffler, pour quelques instants encore, dans le but de réchauffer la surface de la fonte qui a été découverte au moment de l'écoulement du laitier; puis, il arrête le vent et, après avoir dégagé les costières avec le ringard, il enlève, à l'aide du *crémoir*, espèce de crochet plat et large (fig. 40) les charbons et le laitier qui surnagent à la surface de l'avant-creuset.

Lorsque celui-ci est parfaitement nettoyé, et quand le métal est mis à découvert, le *bouchage* est placé sous la fausse tympe pour retenir les matériaux dans l'arrière-creuset. Fait en laitier ou en terre d'herbue, le bouchage a, le plus souvent, la forme d'un cylindre dont la longueur est proportionnée à la largeur de l'ouvrage. Il peut être remplacé par une plaque en fonte, garnie de terre bien séchée, laquelle est maintenue sous la tympe au moyen d'un long manche de fer.

Le tampon de bouchage mis en place, les ouvriers viennent tour à tour puiser la fonte dans l'avant-creuset avec des cuillers en fer garnies à l'intérieur comme à l'extérieur, d'une couche composée d'un mélange de terre argileuse et de crottin de cheval.

Lorsque la coulée a lieu par des procédés qui n'obligent pas l'ouvrier à plonger sa cuiller dans la fonte pour l'emplir, on se sert de poches en fonte, moulées sur un modèle de grandeur voulue, et assujetties à un manche en fer au moyen de rivets ou de boulons. Ces poches sont garnies comme celles indiquées plus haut et leur entretien est à la charge du mouleur.

L'ouvrage une fois vidé, le fondeur, avec l'aide d'un de ses chargeurs, retire le bouchage, en se servant d'une *griffe* à deux branches recour-

bées, puis, il ramène les matériaux dans l'avant-creuset qu'il achève de remplir, avec un mélange de braise et de laitier bien serré sous la tympe; le charbon retiré avec les scories, pendant le travail au ringard et pendant le *crémage*, convient parfaitement pour boucher après la coulée.

Le mode de couler en *crémant*, anciennement usité dans les fourneaux en moulages, a l'avantage important de ne pas dénaturer et de ne pas refroidir la fonte, en la conservant dans son foyer naturel, mais il présente des inconvénients nombreux dont les principaux sont :

La perte partielle ou totale des matériaux (minerai et charbon) qu'on retire, pendant le *coup* de ringard qui précède la coulée et pendant le crémage ;

Le refroidissement de la partie du creuset mise à découvert;

Le retard apporté dans la marche du fourneau, pendant le temps que dure la coulée, puisque la machine soufflante ne fonctionne pas. Ce retard ne dure pas moins d'une demi-heure, quelle que soit la célérité apportée aux différentes opérations, si la fonte doit être partagée entre vingt-cinq ou trente mouleurs, par exemple ;

Le bouleversement qui a lieu dans les charges, quand on recommence à souffler.

Ces circonstances ont fait naître des perfectionnements qui ne sont pas encore le dernier mot de l'économie à chercher.

Le *creuset-puisard*, est une capacité cylindrique construite en briques ou en sable, communiquant avec l'avant-creuset et placée sur l'un des côtés de la dame. Le métal s'y rend à mesure de sa fusion, et il peut y être puisé à toute heure par les ouvriers mouleurs, suivant les besoins de l'usine. Cette méthode qui permet de couler à volonté, tend à refroidir en la transportant dans un autre foyer, la fonte qui, bien qu'on ait soin de la recouvrir d'une couche épaisse de fraisil, n'est pas à l'abri des atteintes de l'air extérieur. Cet inconvénient est plus sensible si la fonte est déjà louche et très grise dans le creuset.

Une autre sorte de puisard indiqué par les figures 26 et 27 de la pl. 7 est en fonte; il est placé sur le côté de la dame comme le précédent. L'ouverture qui règne dans toute la hauteur, communique avec l'avant-creuset; elle est bouchée par un mélange d'argile et de crottin de cheval, battu en pisé. La rigole *b*, doit servir à faciliter le passage du ringard lorsqu'on perce le bouchage *a*; l'orifice *c*, est établi pour qu'on puisse vider entièrement le creuset quand la coulée est terminée. L'enveloppe en fonte, à l'exception de l'ouverture *c*, peut être garnie d'une masse de sable solidement damée jusqu'à la hauteur des bords. L'intérieur est enduit d'une couche de poussier de charbon de bois délayé dans l'eau avec du sable réfractaire. On le sèche avec des laitiers.

Enfin, le fond de ce creuset-puisard doit être placé à 12 ou 15 millimètres au-dessus de la sole, afin d'être garanti des scories.

A la coulée, on perce le bouchage avec un petit ringard et la fonte arrive dans le puisard au niveau de celle qui reste dans l'avant-creuset ; elle est puisée avec des poches, avant même qu'elle ait pris ce niveau et sur la fin de la coulée, alors que le laitier arrive dans le creuset, on bouche le trou de communication avec un tampon de terre ou de sable humide. Puis, il ne reste plus qu'à ouvrir l'orifice d'épuisement *c* pour recevoir, dans une poche, les quelques gouttes de fonte qui restent au fond.

Cette opération faite, on retire le laitier de même que les grains de fonte qui s'attachent ordinairement en *a* et l'on rapporte de la terre pour remplacer celle enlevée aux environs de la coulée en la perçant. Cette précaution facilite la percée à une autre coulée, en empêchant le bouchage de se durcir.

Les bouchages durent quinze jours à trois semaines. Lorsqu'il s'agit de les remplacer, on arrête le vent pour crêmer l'avant-creuset, bien que prenant la fonte dans le puisard.

Quoiqu'il arrive, il importe de garder l'avant-creuset de la grandeur ordinaire, afin de faciliter la mise en place d'un bouchage neuf, et aussi de pouvoir, relever devant, plus facilement. Quand la coulée au creuset-puisard est terminée, le fondeur débarrasse le devant du fourneau, des laitiers qui y sont demeurés attachés et le tamponne comme à l'ordinaire. L'action de la soufflerie est suspendue pendant quelques minutes.

S'il n'est pas parfait, cet appareil est intéressant.

Nous ferons cependant observer que :

1° Le fondeur rencontre quelquefois des obstacles inouïs pour percer le trou de la coulée, surtout quand la fonte est peu chaude. Si, au contraire, la température est très élevée dans l'avant-creuset, le bouchage se ronge vers sa base et la fonte arrive inopinément dans le puisard;

2° Lorsqu'on ne veut pas employer toute la fonte contenue dans l'ouvrage, il est difficile de préciser la hauteur à laquelle on doit percer le bouchage;

3° La fonte qui ne forme jamais une masse homogène dans l'avant-creuset est souvent claire, dans les couches inférieures, et grise dans les couches supérieures. Il suit de là que le mélange, ne pouvant pas se faire dans le puisard, dont la capacité est moindre que celle du creuset du haut-fonrneau, les premiers ouvriers qui coulent ont la meilleure fonte, si la nature de la fonte doit être très grise, et la plus mauvaise dans le cas contraire;

4° Le passage de la fonte d'un foyer qui lui est propre, dans un lieu d'une température bien inférieure, et la continuité du jet présentant

constamment de nouvelles surfaces au contact de l'air extérieur, amènent un refroidissement évident. Cet inconvénient est commun avec tous les systèmes de coulées qui tendent à transposer la fonte plusieurs fois.

On a adopté de préférence et l'on conserve dans plusieurs hauts-fourneaux en moulages, la *coulée à la percée.*

La dame est remplacée par une plaque transversale qui, placée en avant du creuset, est fixée aux mureaux par quatre forts boulons. Cette plaque est percée en face de l'avant-creuset, d'un orifice rectangulaire d'environ $0^m,25$ sur $0^m,15$ garni d'une épaisseur de sable d'ouvrage ou de terre de bouchage. Une petite plaque portant plusieurs trous d'un diamètre de $0^m,02$ à $0^m,03$ disposés sur une ou deux lignes verticales, vient en s'ajustant sur la traverse, au moyen de quatre goujons à clavettes, fermer l'ouverture ci-dessus dans laquelle elle emboîte par un rebord saillant de 5 millimètres environ.

Au moment de la coulée, le fondeur perce successivement les trous superposés en commençant par celui du haut, et les ouvriers se présentent à leur tour pour recevoir la fonte dans leurs poches.

La coulée terminée, la plaque est retirée provisoirement et le bouchage mis en état, en enlevant les scories et la fonte qui restent dans les trous, où il est nécessaire de rapporter du sable. Le devant du fourneau est nettoyé et bouché comme toujours. La figure 7, pl. 7, représente la grande plaque qu'on appuie sur les mureaux, et la figure 7 *bis*, la plaque de coulée, dite plaque de *gentilhomme*.

Le système de coulée à la percée a été perfectionné, à Marquise, à l'aide d'un chenal mobile, à bascule, qui reçoit la fonte sortant du creuset. Ce chenal monté à bascule, sur deux tourillons, et porteur d'une embouchure coudée s'abaisse ou s'élève à l'aide d'un contre-poids manœuvré par le fondeur pour régler la distribution du métal dans les poches présentées par les mouleurs. Les figures 29, 30 et 31, pl. 7, représentant cet appareil, fort simple et très-commode, suffisent pour en expliquer l'emploi.

Manière de charger et de composer des charges. — L'opportunité des charges est indiquée par la hauteur de l'affaissement qui se produit au gueulard. Cet abaissement se constate à l'aide d'une sonde coudée, dont l'une des branches a juste la hauteur d'une charge.

Le chargement ne doit pas descendre plus bas pour demeurer régulier. Alors que le vide est devenu tellement profond qu'une charge ne suffit plus à le remplir, le chargeur n'est plus maître de son travail. Une trop grande quantité de matière, introduite à la fois, ne tendrait d'ailleurs qu'à refroidir le fourneau.

Les charbons de bois qu'on ne peut charger au poids, en raison de

l'eau qu'ils peuvent absorber, sont jetés dans le fourneau par *rasses* ou paniers en forme de vans. Quand ils sont secs, et peuvent être pesés, il est facile d'accorder le poids et le volume. Dans les fourneaux qui chargent à cinq rasses, la charge contient environ 4 hect. 50 pesant 103 à 105 kilogrammes de charbon mêlé (plutôt dur que tendre), et l'on porte ces cinq rasses en consommation pour 100 kilogrammes.

Les minerais sont chargés, dans les petits fourneaux, à l'aide de *bacs* en tôle, ayant la forme de la figure 38, pl. 7. En chargeant au volume, on court le plus grand risque de déranger la marche du fourneau, le poids des minerais variant avec la température et l'état de l'atmosphère.

Leur dosage est plus difficile à régler que celui des charbons. Un bac de 15 litres de mine, prise sur le parc à son état ordinaire, peut peser 12 p. 0/0 de plus qu'un semblable bac de mine gelée ; un bac de minerai mouillé, légèrement humide, 10 p. 0/0 de plus qu'un minerai très sec. En somme, le contenu pèse d'autant plus qu'il est plus mouillé ou contient moins de gros morceaux et par conséquent, qu'il remplit plus exactement les bacs.

Il est donc utile de faire passer les bacs sur la bascule et d'éviter de charger le minerai trop sec ou trop mouillé.

Dans les fourneaux où l'on ne mélange pas les minerais entre eux et avec leur fondant, avant de les charger, il faut avoir soin de les étendre séparément et par lits uniformes sur la charge de charbon qui les précède.

Quelques usines, font projeter les charbons et les minerais dans le gueulard, par des caisses cylindriques en bois ou en tôle qui contiennent, l'une, la totalité de la charge en charbon, l'autre, toute la charge en minerai. Le fond de ces capacités s'ouvre comme un couvercle à charnières, quand on a retiré les clavettes qui le soutiennent. Soit qu'on les suspende au-dessus du fourneau, au moyen d'une grue ou d'un palan, soit qu'on les transporte au niveau du gueulard à l'aide d'un appareil roulant, la charge est toujours versée en masse dans le fourneau. Ce mode de chargement est employé, notamment, dans les fourneaux de grandes dimensions, où l'on est obligé d'opérer le chargement sur plusieurs faces.

Il est d'usage, de charger toujours la même quantité de charbon et de ne faire varier que la dose du minerai. Les charbons formant la majeure partie du volume de la charge, doivent former une base constante qui, une fois déterminée d'après la capacité du fourneau, ne saurait subir d'importants changements sans altérer les résultats. Les charges trop fortes, refroidissant les parties supérieures de la cuve, augmenteraient la consommation du charbon ; les petites charges présenteraient le même inconvénient, en même temps que des chutes et

des éboulements. Il suit de là que, dans deux fourneaux de même capacité, le volume des charges est susceptible d'augmentation pour celui où le charbon est plus léger et le minerai plus pesant.

Le volume des charges de charbon de bois, tel qu'on l'admet dans les hauts-fourneaux en moulages, varie entre 4 hect. 50 et 5 hectolitres pour les fourneaux de 8 à 13 mètres d'élévation, et entre 4 hectolitres et 4 hect. 50 pour les fourneaux au-dessous de 8 mètres.

Des essais faits dans un fourneau de 11 mètres de hauteur, pour réduire à 4 hectolitres, le volume des charges en charbon, porté à 4 hect. 60, ont donné, en outre, des dérangements plus fréquents du fourneau, une augmentation constante dépassant de 1/5 la consommation ordinaire.

La masse de vent, lancée dans le fourneau, et la température du foyer déterminent la quantité de charges qui peuvent descendre par vingt-quatre heures. C'est par cette raison que tous les fourneaux font beaucoup plus de charges, lorsqu'ils sont en pleine marche que dans les premiers jours après la mise en feu. Ceci, sauf exception, bien entendu, par exemple : quand la descente des charges est ralentie, à la suite d'un engorgement produit par l'emploi de matériaux mouillés ou par la chute de quelques parties des parois. Il est facile de reconnaître ces engorgements à l'examen de la fonte qui demeure très grise pendant quelques jours. Pour les faire cesser, on n'a pas d'autre ressource que d'augmenter la force du vent et de travailler au ringard.

Distribution de l'ensemble du travail. — Dans les fourneaux en marchandises, on fait deux coulées par vingt-quatre heures, le matin et le soir. Les ouvriers mouleurs doivent préparer leurs moules et faire sécher leurs poches sur les laitiers, en ayant soin de s'y prendre une heure ou deux avant la coulée. Les charges sonnées au gueulard, par l'ouvrier de service, servent d'avertissement pour indiquer, mieux que les heures, les évolutions du travail dans l'usine.

Le travail de ces fourneaux est partagé entre un *maître fondeur* et un *petit fondeur* ou *garde*. L'intervalle d'une coulée à l'autre est divisé en deux tournées de chacune six heures. Le maître fondeur prend habituellement la tournée qui précède la coulée dont la préparation réclame tous ses soins.

L'entretien du gueulard est confié à deux chargeurs se relevant par tours, comme les fondeurs, sous la surveillance desquels ils sont plus particulièrement placés dans les établissements de peu d'importance.

Les deux fondeurs et les chargeurs doivent être présents à toutes les coulées, pour que les opérations qui les précèdent et qui les suivent soient conduites avec la plus grande célérité. Dans un grand nombre

d'usines, on fait assister aux coulées les divers ouvriers, dont le service se rattache au travail du haut-fourneau. Par exemple, le *remplisseur*, et les ouvriers chargés du transport des matériaux au gueulard. Les employés chargés de la fabrication et de la surveillance intérieure président à la distribution de la fonte entre les mouleurs, en vue d'y apporter l'ordre nécessaire et de prévenir le gaspillage.

Machines employées à l'approvisionnement des gueulards. — Deux fondeurs et deux chargeurs suffisent pour conduire un haut-fourneau, lorsque les moyens de communication, avec le gueulard, sont faciles, et que les matériaux sont à la portée des chargeurs (1).

Mais, lorsque l'approvisionnement a lieu au moyen de machines ou d'engins spéciaux, quand les fourneaux ne sont pas adossés ou reliés avec un terrain au niveau du gueulard, il faut employer l'aide de plusieurs autres ouvriers, dont le nombre est déterminé par la nature du mécanisme employé a élever les matériaux.

Les gueulards des petits fourneaux, sont approvisionnés par des grues, par des treuils et quelquefois par un simple système de poulies; le maniement de ces organes élémentaires emploie rarement plus de deux hommes.

L'approvisionnement des hauts-fourneaux, de grandes dimensions, exige des mécanismes plus compliqués.

Les matériaux sont conduits au gueulard, du fourneau de Tusey, par un appareil occupant beaucoup de place, et d'un entretien dispendieux.

Cet appareil, copié en Angleterre où il est encore usité, se compose de deux tambours d'environ $0^m,60$ de diamètre, dont les mouvements disposés en sens inverse font monter ou descendre, en enroulant ou en déroulant les chaînes qui les tiennent, deux wagons glissant sur les rails d'un long plan incliné. On charge les matériaux sur l'un des wagons, et pendant qu'il les monte au gueulard, l'autre descend à vide. Le mouvement des tambours, situés loin de la roue motrice, est transmis par un grand arbre incliné et par des assemblages de roues coniques. La disposition de cet arbre, le nombre de roues d'angle et leur agencement compliqué, occasionnent de continuelles réparations. Les matériaux sont apprêtés et apportés au pied du plan incliné dont le service, seul, coûte plus de 100 francs par mois.

L'élévation des matériaux, a lieu plus simplement par une disposition à chaînes sans fin, se mouvant parallèlement, et entre lesquelles sont suspendus des plateaux mobiles, constamment maintenus dans une position horizontale. Au passage des plateaux, un seul ouvrier y dépose

(1) On voudra bien considérer que nous parlons de hauts-fourneaux au charbon de bois. Les hauts-fourneaux au coke, suivant leur importance, exigent évidemment un plus grand nombre d'ouvriers spéciaux.

tour à tour les charbons et les minerais qui sont repris en haut par le chargeur. Les fig. 5 et 6 de la pl. 10, donnent une idée suffisante de cette organisation fort simple.

En dehors des plans inclinés et des appareils à plateaux, que nous venons de décrire, comme de toutes autres dispositions analogues, on a adopté, suivant l'importance des usines et la situation des lieux, les élévateurs hydrauliques ou à air comprimé, dans quelques grands établissements français.

Les appareils à contre-poids hydraulique, installés sur deux charpentes en bois, où encore sur de grands bâtis métalliques, présentent comme parties principales des caisses en tôle, jumelles, et même une seule caisse, formant à tour de rôle, récipient d'eau ou plateau à supporter les matériaux. Ces caisses, fixées à l'extrémité de chaînes, se développent sur des poulies de grand diamètre, lesquelles sont placées à hauteur, plus élevée que les gueulards.

Glissant entre les montants qui les dirigent, recevant l'eau, d'un réservoir qui domine l'appareil, les caisses se chargent ou se déchargent automatiquement, suivant qu'elles remontent avec leur chargement, ou doivent redescendre sans lui. Chaque récipient reçoit une quantité d'eau supérieure en poids, à la charge à élever, et est muni d'une soupape d'évacuation.

C'est en réalité, une disposition que nous croyons assez connue, par un grand nombre d'applications industrielles diverses, pour qu'elle ait besoin d'être décrite plus longuement. (Voir pl. 10, fig. 1 et 2) (1).

La construction en est d'ailleurs variée ; tantôt, la descente s'opère à l'aide d'une poulie à frottement et d'un frein, tantôt, la plate-forme et la caisse ont leurs chaînes conductrices, s'enroulant aux extrémités de tambours séparés, dont les diamètres sont proportionnels aux distances à parcourir. Généralement, ces appareils sont simples et assez peu coûteux comme installation, même comme entretien, si l'on excepte l'usure et la dépense des chaînes, ainsi que les arrêts et les avaries possibles, en temps de grandes gelées, au cas où l'ensemble des constructions n'est pas abrité.

Les monte-charges pneumatiques, ou à air comprimé, sont plus simples encore que les précédents. Seulement, ils exigent une dépense d'air à emprunter aux machines soufflantes, dont le produit n'est pas toujours suffisant pour les entretenir.

Nous avons vu, aux usines de Saint-Jacques, près Montluçon, un monte-charge d'une disposition aussi simple qu'ingénieuse. Un cylindre vertical en tôle, de 2 mètres environ de diamètre, ayant à son som-

(1) Ce monte-charge existant aux usines de Fumel a été décrit par notre camarade Gourdon-Devilaine, dans les *Bulletins de la Société des anciens élèves des Écoles d'arts et Métiers.*

met et à sa base, deux portes s'ouvrant ou se fermant comme des soupapes, contient un double piston flottant, qui est soulevé par la pression du vent, emprunté à la soufflerie. Quand, par l'effet de l'air comprimé, ce piston, porteur de la charge, est arrivé au niveau du gueulard, la portière supérieure est ouverte. On enlève la charge, on dépose sur le plateau-piston, les rasses et les bacs vides de la charge précédente. Puis, la porte refermée, on fait jouer une soupape qui, vidant le cylindre de la colonne d'air qu'il contient, détermine la descente du piston.

Nous mentionnerons, pour mémoire, dans cette courte description des monte-charges, les appareils à vapeur, soulevant la charge directement, par le piston placé dans un cylindre ouvert, comme cela a lieu pour les martaux pilons, ou encore à l'aide d'un agencement particulier de traction par chaînes enroulées ou déroulées alternativement sur un tambour. Les chaînes étant guidées comme dans les appareils à eau et arrêtées à la hauteur voulue par un système de crochets.

En résumé, les monte-charges, se décomposent en trois séries distinctes, comme application des forces motrices, en dehors des grues, treuils, ou autres appareils de levage :

1° Les monte-charges employant la vapeur, généralement à double effet. Leur inconvénient est d'exiger des conduites d'un certain développement. Un de ces appareils est organisé aux usines de Pont-à-Mousson, un autre aux établissements de Saint-Louis ;

2° Les monte-charges, pneumatiques à cloche, qui présentent une certaine simplicité de manœuvre ; mais, dont l'établissement coûte cher et n'est pas toujours facile en raison des puits qu'il faut creuser. Les établissements du Creusot possèdent un de ces monte-charges, élevant les fardeaux à dix mètres ;

3° Les monte-charges hydrauliques où la pression de l'eau, agit sur un cylindre plongeur qu'elle soulève avec la charge placée sur le plateau (fig. 3 et 4, pl. 10). Un de ces appareils doit encore exister au Creusot.

Dans cette catégorie, se rangent les monte-charges par pression d'eau du système Armstrong ou de Wrighson. Un de ces derniers est installé aux hauts-fourneaux de Montluçon-Ville, où il donne de bons résultats.

Roulement des hauts-fourneaux. — Dans chaque usine on signale, jour par jour le travail du haut-fourneau sur un livre de roulement dressé en conséquence :

Mois de janvier. ROULEMENT DU HAUT-

JOURS du MOIS		HEURES des COULÉES		QUANTITÉ DE CHARGES par coulée	CONSOMMATIONS											
					CHARBON		MINERAIS DE						TOTAL DES MINERAIS		CASTINE	
							A.....		B.....		C.....					
Jours	Dates	Soir	Matin		litres.	kilog.	litres.	kilog.	litres.	kilog.	litres.	kilog.	litres.	kilog.	litres.	kilog.
		heures														
Dim.	1	6	»	18	7.200	1.800	1.010	2.000	605	1.200	138	400	1.753	3.600	270	540
	»	»	7	17	6.800	1.700	1.005	2.000	610	1.200	120	370	1.735	3.570	260	510
Lundi.	2	»	»	21	8.400	2.100	1.200	2.400	850	1.700	103	310	2.153	4.410	320	630
	»	7	7	13	5.200	1.300	810	1.600	458	900	75	226	1.343	2.726	340	390
Mardi.	3	6/12	»	19	7.600	1.900	1.112	2.200	710	1.400	128	385	1.950	3.985	275	570
	»	»	7	13	5.200	1.300	800	1.600	458	900	78	226	1.336	2.726	188	390
Mercr.	4	6	»	17	6.800	1.700	1.008	2.000	610	1.200	125	360	1.743	3.560	250	510
	»	»	7	16	5.400	1.600	1.010	2.000	609	1.200	108	320	1.727	3.520	243	480
Jeudi.	5	7	»	13	5.200	1.300	809	1.600	506	1.000	92	260	1.407	2.860	187	390
	»	»	8	15	6.000	1.500	950	1.900	558	1.100	105	300	1.613	3.300	225	450
Vendr.	6	7	»	15	6.000	1.500	955	1.900	580	1.160	112	340	1.647	3.400	230	450
	»	7	9	18	7.200	1.800	1.110	2.200	728	1.440	138	410	1.976	4.050	272	540
Samedi	7	»	»	13	5.200	1.300	816	1.600	510	1.000	130	390	1.456	2.990	195	390
	»	»	7	13	5.200	1.300	800	1.600	508	1.000	135	390	1.443	2.990	208	390
				221	88.400	22.100	13.395	26.600	8.300	16.400	1.587	4.687	23,582	47.687	3.463	6.630

Récapitulation du travail de la semaine. — On a dépensé pour produire 1,000 kilog. de fonte 1,075 kilog. de charbon ou 43 hect. 01 et 2,320 kilog. de mines ou 11 hect. 33. — Le rapport des mines est de 43 p. 0/0. — La charge a produit moyennement 93 kilog. de fonte.

FOURNEAU DE X... *1882.*

PRESSION DU VENT au manomètre	TEMPÉRATURE DE L'AIR CHAUD au thermomètre	OBSERVATIONS	PRODUITS — FONTES EN — MOULAGES divers	SAUMONS noirs	SAUMONS blancs et gueuses	BOCAGES gris	BOCAGES blancs	POIDS RÉUNIS
			kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
31/2	»	Les buses ont 0m,070 de diamètre.	808	»	»	224	»	1.032
31/2	»	Fonte blanche par suite des chutes de mines et de refroidissement attribués au manque de vent.	926	»	130	»	306	1.362
4	»		1.251	»	250	»	203	1.704
4	»	La pression est fixée à 0m,04.	701	»	»	503	»	1.204
4	»	On emploie des buses de 0m,060 de diamètre.	1.457	»	»	454	»	1.911
41/2	»		896	»	»	242	»	1.138
41/2	»	On emploie des buses de 0m,065 de diamètre.	1.586	»	»	437	»	2.023
4	»		1.323	»	»	344	»	1.667
4	»	Les buses sont de nouveau changées pour être mises à 0m,070 de diamètre.	1.274	»	»	283	»	1.557
4	140°	Fonte grise due à l'emploi de l'air chaud.	1.311	85	»	188	»	1.584
4	140	— — —	1.093	65	»	154	»	1.312
4	150	La pression est portée à 0m,05.	255	870	»	95	»	1.220
4	170	La fonte devient tellement noire, qu'il est difficile de couler des moulages.	933	360	»	285	»	1.578
4	180		181	965	»	115	»	1.261
			13.995	2.345	380	3.324	509	20.553

Tout ce qui concerne le travail du haut-fourneau doit être noté sur ce livre. La colonne d'observations, tenue avec soin, doit comprendre des renseignements sur l'état de l'atmosphère, la marche de la machine soufflante, la sorte et la couleur des laitiers, l'état des tuyères, la couleur de la flamme à la tympe et au gueulard, la nature des matériaux et des produits, les causes auxquelles sont dûs les accidents qui surviennnent pendant le travail. Au moment des mises en feu, on y ajoute les données utiles qui s'y rattachent et, au besoin, des croquis indiquant la forme et les dimensions des parties du fourneau qui sont réparées, des notes explicatives sur le mode de séchage adopté, le nombre de grilles et la composition des premières charges. A la fin de chaque roulement, il est bon d'établir un résumé, donnant des détails sur les observations faites pendant la durée du train, sur les moyens probables qu'on devra employer ultérieurement pour obvier aux dérangements dans l'allure, sur les résultats obtenus avec tels ou tels mélanges de minerais et de fondants, sur la composition des charges ayant donné la meilleure fonte, sur le maximum de production auquel on est arrivé, en un mot sur toutes questions pouvant être réservées en vue du travail à venir.

Un tel registre, tenu avec exactitude, est la chose la plus utile pour éclairer le chef de fonderie sur les résultats de son exploitation. Par là, il peut reconnaître, avec certitude, s'il a bien ou mal travaillé.

Considérés au point de vue de la fonderie, les hauts-fourneaux sont des appareils, à marche assez dépourvue de régularité, pour assurer en première fusion, des fontes de qualités suivies, et convenablement applicables à des moulages autres, que ceux où la matière n'exige pas des conditions spéciales de résistance et de pureté. Il y a sous ce rappo t beaucoup à faire, en vue de règlementer l'allure des fourneaux et d'obtenir des produits plus certains. C'est pourquoi, aucun des renseignements de l'expérience ne saurait être négligé.

Devoirs des fondeurs et des chargeurs. — Le premier devoir de l'ouvrier chargeur, est l'exactitude qu'il apporte à ne laisser jamais au gueulard un vide de plus d'une charge.

Il doit aussi avoir soin d'égaliser les matériaux par couches uniformes, de faire rigoureusement les mélanges voulus, de remplir et de peser avec attention les bacs de minerais, de répartir par portions égales dans les charges, les rasses de menu charbon ou de charbon tendre.

Le fondeur doit faciliter l'écoulement des laitiers en dégageant souvent la dame ; surveiller la pression du vent au manomètre ; nettoyer les tuyères, quand elles sont menacées d'un engorgement produit par les matières non fondues qui, s'amassant et se figeant, peuvent arrêter le passage du vent ; prévoir les changements probables dans l'allure

du fourneau, et prendre les mesures nécessaires pour prévenir ou pour éloigner les mauvaises coulées ; ne travailler au ringard que dans les cas urgents ; monter souvent au gueulard pour se convaincre que les chargeurs ne négligent pas leur travail, et s'assurer que les matériaux demeurent en bon état; faire varier la charge en minerais et en fondants quand les circonstances l'exigent.

Par dessus tout, le directeur de l'usine doit, nous n'aurions pas besoin de le dire, surveilller, contrôler et ordonner le service.

Le fondeur ne doit employer le ringard que le moins possible et dans les circonstances suivantes :

1° Quand il relève devant ;

2° Quand il prépare la coulée ;

3° Quand l'ouvrage est embarrassé par suite du refroidissement des laitiers ou par des amas de matériaux ;

4° Quand il veut, en précipitant la descente des charges, faire changer la nature de la fonte qui est trop noire ou trop graphiteuse, et la rendre propre à être versée dans les moules. Dans cette circonstance, il doit promener son ringard dans l'ouvrage, longtemps avant la coulée, et éviter de le mettre en contact avec la fonte. Cette ancienne méthode, qui n'est pas sans inconvénient réussit quelquefois, mais souvent, elle rend la fonte épaisse et peu coulante.

On doit éviter de laisser passer la flamme sous la tympe ; c'est perdre de la chaleur et détruire sans profit le devant du fourneau. Cependant, il ne convient pas non plus de boucher trop hermétiquement l'avant-creuset, à cause de la sortie des laitiers et de la température égale dans laquelle les costières doivent être conservées. Avant qu'on ait fait *venir* les laitiers, c'est-à-dire jusqu'à la troisième ou quatrième charge, après la coulée, le fourneau n'a pas besoin de flamber ; mais après le travail, lorsqu'on a dégagé le devant, la flamme peut commencer à se faire jour. C'est alors qu'il faut arrêter son expansion en garnissant au mieux, l'avant-creuset. Et, quand les matières (du vieux sable et des scories broyées), qui ont servi à boucher, sont figées ou durcies, au point d'arrêter l'écoulement des laitiers, il faut les détacher, les retirer et boucher de nouveau.

Outils et ustensiles des fondeurs et des chargeurs. — Une partie des outils et ustensiles à l'usage des fondeurs et des chargeurs a déjà été indiquée. Toutefois, nous jugeons utile de résumer ici, l'ensemble de l'outillage des hauts-fourneaux.

Les ustensiles nécessaires aux fondeurs et aides-fondeurs sont :

Une douzaine de ringards de différentes longueurs, variant entre 2 et 3 mètres, et en fer carré de $0^m,03$ à $0^m,04$ centimètres ; trois ou quatre ringards doivent avoir leurs pointes garnies d'acier, et trempées pour

travailler dans le creuset lorsqu'on a des matières durcies à détacher. Par la même raison, quelques-uns de ces ringards, au lieu d'être pointus, peuvent avoir leur extrémité terminée en biseau, comme à la figure 37, pl. 7. Toutes les usines ont deux ou trois jeux de ringards, afin que le service ne souffre pas lorsque l'un de ces jeux est en réparation à la forge.

Deux crochets (fig. 39), pour tirer les laitiers.

Trois ou quatre pelles en fer, avec de longs manches en bois.

Une massette en fer (fig. 32), pour dégager les ringards, lorsqu'ils sont recouverts de laitier figé.

Un cramoir en fer (fig. 40), qui sert à nettoyer la surface du bain lorsqu'on prend la fonte dans le creuset.

Une griffe en fer, à deux ou trois dents recourbées, pour retirer le bouchage.

Un bac à eau pour refroidir les outils. Ce bac est ordinairement alimenté par l'eau qui sort de la tympe ou des tuyères.

Un rouelle ou rable, pour approprier le devant du fourneau. Cet outil, lorsqu'il est destiné à cet usage unique, est fait tout simplement en bois.

Une pelle ordinaire, une pioche, une bêche pour préparer le sable lorsqu'on coule des gueuses ou des saumons. Et, pour le même emploi aussi, une *charrue* faite d'un morceau de bois triangulaire, fixé à un manche de 1 mètre de longueur environ ; cet instrument sert à tracer les rigoles où l'on enfonce les modèles de gueuses ou de saumons.

Enfin, deux ou trois seaux, un ou deux ringards en fer rond, de $0^m,02$ de diamètre, à pointe un peu recourbée, pour le service des tuyères et des bouchons fixés à leurs manches, pour fermer le trou de coulée lorsqu'on lâche la fonte. Eno utre, deux battes (fig. 34 et 35), deux tranches ou racloirs (fig. 33 et 36), une truelle, un marteau à tailler les briques ou la pierre, une auge pour préparer le mortier, lorsqu'on remonte les ouvrages, etc.

Les ustensiles mis en usage, par les chargeurs, pour le service du gueulard, sont principalement des rasses ou paniers pour charger le charbon.

Des bacs en tôle ou en bois (fig. 38, pl. 7), pour charger le minerai.

Une pelle en fer, avec manche en bois, et un fourgon en bois, pour égaliser les charges.

Une bascule en fer, pour peser les charges.

Une planche noircie, pour marquer à la craie, ou au moyen de chevilles, le nombre de charges de chaque coulée.

Une cloche, ou une plaque de fonte, suspendue, pour sonner les charges, et aussi pour indiquer, par un tintement plus prolongé, le moment de la coulée.

Le nombre ou les formes de ces outils peuvent varier, suivant les besoins du travail. Ceux indiqués ci-dessus, sont considérés comme indispensables.

Étude des différentes fontes produites dans les hauts-fourneaux (1). — Avant d'aller plus loin, il nous semble bon de dire quelques mots des fontes produites dans les hauts-fourneaux.

On peut distinguer, dans la fonte de première fusion, les variétés suivantes :

1° La fonte très noire, destinée à la deuxième fusion. Cette fonte se montre à gros grains, tendre et très douce. Elle est lente à se figer, au moment de la coulée; elle est un peu pâteuse ; elle jette des étincelles bleuâtres et une légère fumée; enfin, elle est presque toujours couverte de graphite ;

2° La fonte noire, appelée plutôt fonte *grise*, avec laquelle on coule la vaisselle, les ornements et les objets délicats. Cette fonte présente, lorsqu'elle est cassée, une texture granulaire, plus mate que celle de la fonte très noire ; elle doit être tenace, facile à tourner et à polir. Elle reproduit, en coulant, quelques-uns des symptômes de la fonte précédente ;

3° La fonte blanche, qui n'est adoptée. dans le moulage, que pour les pièces devant rester telles qu'elles sont sorties du moule, comme les poids d'horloge, les contre-poids, certains barreaux de grille, etc. Cette fonte, généralement cassante, résiste à la lime et au burin ; sa cassure est brillante, et sa texture cristalline; elle coule mal et fige très vite ;

4° La fonte truitée, qui, comme la fonte blanche, n'est appliquée qu'à la fabrication de certaines pièces massives et brutes. Cette variété de fonte, qui peut être classée entre la fonte grise et la fonte blanche, se rapproche cependant beaucoup plus de cette dernière. Elle est un peu moins dure et moins cassante ; l'acier trempé l'attaque difficilement. Sa cassure est brillante, comme celle de la fonte blanche, mais, elle est parsemée de points noirs, plus ou moins accusés.

De ces quatre variétés de fonte, la première est produite, exceptionnellement dans les hauts-fourneaux en moulages, pendant les premiers jours qui suivent la mise en feu, et lorsque, par suite de causes particulières, la température devient accidentellement très élevée dans l'ouvrage.

La fonte blanche et la fonte truitée, ne sont pas non plus des produits ordinaires pour le moulage ; elles ne proviennent que d'un dérangement

(1) Nous reviendrons plus loin (voir 2e partie), sur cette question très importante, aussi bien dans les hauts-fourneaux que dans les fonderies.

dans l'allure du fourneau. Quand on n'a pas de commandes qui permettent d'utiliser ces fontes en objets coulés, elles sont destinées à la fabrication du fer, et vendues comme telles aux maîtres de forges.

La fonte grise, qui est le produit cherché pour la fabrication des pièces moulées, varie quelquefois dans sa nature.

Si elle jette, en coulant, de nombreuses étincelles, si elle est d'une couleur jaune pâle, si elle est ridée à sa surface, c'est ordinairement l'indice qu'elle est *claire*, et qu'elle sera dure à la lime. Cette fonte, qui ne convient pas pour les pièces d'ajustage, remplit mal les moules des pièces de vaisselle; il arrive assez souvent, que ces derniers objets, dont la surface est alors brillante et argentine, cassent à leur sortie du moule, et même dans le moule.

Lorsque la fonte, au contraire, sans être cependant très noire, est épaisse, et d'un rouge foncé ; lorsqu'elle est pâteuse et couverte de graphite à sa surface, on dit qu'elle est *limailleuse*. Cette fonte a aussi ses inconvénients; elle se refroidit promptement, et ne reproduit pas entièrement les pièces dont elle engorge les jets, ou bien elle les remplit d'une grande quantité de limaille, qui diminue leur solidité, et les rend d'un aspect malpropre.

Les sableurs essaient, dans le premier cas, de jeter du plomb dans les poches, pour rendre la fonte plus coulante; cette précaution, à peu près inutile, ne tend qu'à précipiter une plus forte dose de graphite. Il y a des ouvriers qui se préoccupent d'agiter vivement la fonte dans leur poche. et de couler avec promptitude. Cette précaution, ayant pour but de ramener le graphite à la surface, et de rendre la fonte plus coulante, peut quelquefois ne pas être inutile.

Le second cas s'évite, en arrêtant l'entrée de la limaille dans les moules, au moyen du *crémoir*.

Quand les deux espèces de fonte, dont nous venons de parler, sont d'une température peu élevée, on dit qu'elles sont *louches* ou *bourrues*. Elles ne conviennent pas du tout pour couler la poterie, et bien peu pour les autres objets.

De ce qui précède, il ressort que la fonte intermédiaire, entre la fonte *claire* et la fonte *limailleuse*, est celle qui offre le plus d'avantages au fabricant.

Circonstances où l'on obtient de la fonte grise et de la fonte blanche. Pour se fixer, sur les changements que peut ressentir un haut-fourneau dans son allure, il suffira de résumer les causes principales pouvant amener de la fonte blanche et de la fonte grise.

On obtient de la fonte blanche :

1° Par des minerais trop fusibles, insuffisamment mélangés, mal bocardés, mal grillés, trop humides, trop secs ;

2° Par des charbons trop légers ou trop mouillés ;

3° Par une surcharge de minerais ;

4° Par un dosage défectueux du fondant, ou par l'emploi d'un fondant impur ;

5° Par un vent irrégulier, ou mal dirigé ;

6° Par des étalages trop rapides ou trop plats. On se rappelle que, dans ce dernier cas, ils retiennent les matériaux, et provoquent des engorgements ;

7° Par un foyer trop large ;

8° Par un refroidissement accidentel du foyer ;

9° Par un dérangement du fourneau, provenant de la descente irrégulière des charges, produite par une cause quelconque, des éboulements qui en sont la conséquence, de la position accidentellement surélevée du point de fusion, ou des obstructions du creuset.

On obtient de la fonte grise :

Lorsque la température est très élevée dans le fourneau ; lorsque le vent est conduit avec la régularité voulue ; lorsque le choix et le dosage des matériaux ont été bien faits, ou encore, lorsque l'ouvrage n'est pas trop large.

On obtient aussi, momentanément, de la fonte grise par un rétrécissement accidentel de l'ouvrage, au-dessus des tuyères ; par une température subitement exagérée, à la suite d'un excès de vent ; par une charge très faible de minerais.

Ces dernières circonstances sont déplorables, le produit du fourneau n'étant pas en rapport avec la consommation, et la qualité de la fonte cessant d'être propre à la confection des objets moulés.

Transformation de la fonte au moment de la coulée. — La fonte des hauts-fourneaux, réservée aux travaux de la fonderie, en deuxième fusion, est coulée à découvert, dans le sol de l'usine, et sous la forme de sapots, destinés à alimenter le travail des cubilots. Cette méthode ne présente pas toujours les garanties désirables, pour les fontes qui, devant subir de nouvelles épreuves par des fusions successives, ont besoin de conserver leurs qualités de pureté et de douceur. La fonte coulée en rigoles brûle et vitrifie, avant de se figer, une certaine quantité de sable qui, non seulement rend les gueuses irrégulières, raboteuses et d'un vilain aspect, mais encore, donne lieu à une augmentation de déchet dans les opérations ultérieures, soit qu'on passe le métal au four à réverbère, soit qu'on le refonde au cubilot. Cet inconvénient est moins grave, si les saumons sont coulés dans du sable calcaire, pouvant venir en aide à la seconde fusion. Aussi, n'est-ce pas là le seul désavantage du procédé. Si faible que soit la proportion d'eau nécessaire pour donner au sable la cohérence indispensable, cette proportion suffit à

refroidir le métal, et à lui faire subir un effet de trempe. En effet, il n'est pas rare de rencontrer, notamment vers les points les plus éloignés du trou de coulée, des lingots de fonte complètement gris à leur centre, et dont l'extérieur est blanchi.

Ce sont des accidents de cette nature qui ont motivé, dans diverses usines, l'emploi des moules en fonte, enduits d'une couche de chaux. Cette couche, épaisse de quelques millimètres, et bientôt séchée à l'air, est appliquée avec une brosse trempée dans une bouillie calcaire. Les lingotières, dont le vide a la forme et les dimensions des gueuses ordinaires, sont placées sur le sol, de manière à recevoir la fonte d'une maîtresse-gueuse. La coulée ne subit, au reste, aucune autre modification.

Ce procédé, peu coûteux, aurait un autre intérêt, celui d'améliorer les fontes traitées au coke, ou celles provenant de minerais pyriteux, la couche calcaire qui se trouve en contact avec la fonte liquide, tendant à absorber une partie du soufre que celle-ci renferme.

Influence du vent. — La pression du vent est réglée en raison de la densité du combustible et de la capacité de l'ouvrage. Celle qui convient au charbon de bois, est de 2 à 4 centimètres, au manomètre à mercure, pour les charbons légers, et de 4 à 6 centimètres, pour les charbons durs. Peu d'usines, en France, employant des charbons tendres, la pression généralement adoptée est fixée entre 4 ou 5 centimètres. Cette pression étant naturellement plus forte, suivant que la hauteur des fourneaux augmente, et que le combustible est plus dense. Pour du coke léger, elle varie entre 7 et 12 centimètres de mercure ; pour du coke dur et compact, elle peut aller jusqu'à 16 centimètres, et au delà.

Une grande masse d'air, lancée sans pression, dans un foyer très large, ne peut donner qu'une fusion incomplète et un mauvais produit. Dans les petits hauts-fourneaux en moulages, destinés à produire, en plein roulement, 1,500 à 1,800 kilogrammes par coulée, il est d'usage, au commencement d'un train, de donner à l'ouvrage le moins de capacité possible, en conservant les rapports voulus entre toutes les parties, ce qui permet de retarder l'agrandissement du foyer.

Dans les fourneaux à deux tuyères il est bon, pour conserver l'ouvrage de ne souffler, dans le principe, qu'à une seule tuyère, et de les employer seulement toutes les deux, lorsque le foyer commence à s'élargir.

Les buses peuvent être rétrécies à mesure que se développe la marche du fourneau.

Si l'on admet, par exemple, une buse de 7 à 8 centimètres de diamètre, lors de la mise en feu, elle sera réduite, après un mois ou deux de roulement, à 5 ou 6 centimètres de diamètre. Enfin, quand l'élargissement

de l'ouvrage deviendra plus sensible, on diminuera encore ce diamètre de quelques millimètres.

Ces différents changements seront favorables au rendement de la machine soufflante, et ajouteront à la pression, qui doit être proportionnellement augmentée, suivant la grandeur de l'ouvrage.

Le vent, injecté sous une pression trop forte, brûle les charbons avec une rapidité nuisible à l'effet qu'ils doivent produire, et amène, par une combustion exagérée, des inégalités dans la descente des charges. De là, mauvais produit, une partie du minerai, non réduit, descendant dans le creuset, et le combustible étant consommé inutilement.

Il peut arriver, également, qu'un vent très rapide, élève le point de fusion à une trop grande hauteur, le minerai fondu trop haut devant être infailliblement affiné à son passage à la tuyère.

Un vent, qui n'a qu'une faible vitesse, anéantit la température de l'ouvrage, en n'opérant qu'une lente combustion ; il tend à refroidir la cuve, dans laquelle il ne saurait vaincre la résistance des matières qui s'y pressent. De là, des conséquences de nature à compromettre la situation du fourneau, parce que, la fusion, étant incomplète, les matériaux s'arrêtent, non fondus, devant les tuyères, et produisent des engorgements dans le creuset.

De tels accidents ne peuvent être détournés que par une augmentation considérable de la vitesse du vent. Il est d'ailleurs, en dehors de ces considérations particulières, d'autres occasions où il suffit d'augmenter l'effet de la machine soufflante pour sortir le fourneau d'une situation dangereuse. C'est pourquoi il y a lieu d'insister de nouveau sur la nécessité d'employer des machines soufflantes, bien construites, et dont l'action soit plus étendue que ne le demande théoriquement la consommation des hauts-fourneaux.

De ces deux principes que nous venons d'expliquer, qu'un vent trop faible et qu'un vent trop fort sont également nuisibles, il suit que, pour éviter de fréquents dérangements dans l'allure du fourneau, on doit surveiller les manomètres, et, à l'aide de leurs indications, s'attacher à écarter toute irrégularité dans la pression. Celle-ci doit être déterminée pour un certain temps, et ne peut être changée qu'après des observations nouvelles dans le travail de tous les jours.

Influence des minerais, des charbons et du fondant. — La régularité de l'allure dépend beaucoup de l'état des matériaux.

Des minerais très mouillés forment, au gueulard, des couches conglomérées, difficilement traversées par le vent. Il peut en résulter un abaissement de température de la cuve, et à la suite des engorgements de l'ouvrage et du creuset.

Des minerais très secs, surtout lorsqu'ils sont ténus et friables, cri-

blent à travers les charbons, dépassent les charges et viennent tomber, non réduits, dans l'ouvrage.

L'usage des charbons trop humides a les mêmes inconvénients que celui des minerais mouillés.

Les charbons employés trop tôt après leur entrée en halle, se consomment plus rapidement et portent une bien plus faible charge de minerais qne les charbons reposés.

Le mélange mal compris des minerais et la répartition mal faite, dans les charges, des différentes essences de charbons, sont susceptibles également de compromettre l'allure ordinaire d'un haut-fourneau.

Le choix, l'entretien et la préparation des matières premières exercent une influence si grande sur les résultats, qu'il n'est pas nécessaire d'en parler plus longuement pour convaincre nos lecteurs.

L'exagération de la consommation est la suite inévitable des dérangements dans les hauts-fourneaux. Ainsi, de deux usines placées dans des conditions semblables, celle dont le haut-fourneau aura la plus mauvaise allure, fera évidemment le moins de bénéfices. Il peut arriver que le fourneau qui marche mal, utilise ses produits pour le moulage, d'une manière aussi avantageuse que l'autre; mais le chiffre élevé de sa consommation ne constitue pas moins une cause d'infériorité relative.

Supposons, par exemple, qu'un haut-fournean au charbon de bois, de 10 à 12 mètres de hauteur, mette par une bonne marche 56 hectolitres de charbon et 18 hectolitres de minerai pour produire 1,000 kilogrammes de fonte. Puis, admettons que ce fourneau subisse un dérangement quelconque, et que sa consommation atteigne insensiblement 70 hectolitres de charbon et 25 hectolitres de minerai par 1,000 kilogrammes de fonte. Si le charbon coûte 1 fr. 50 l'hectolitre, et le minerai 2 francs l'hectolitre, le prix de revient de 1,000 kilogrammes de fonte pour les matières premières seulement, sera dans le premier cas de 120 francs, et dans le second de 155 francs, différence 35 francs, chiffre amené ici pour la démonstration, mais qui devient important, alors qu'il s'agit d'éléments dépendant essentiellement du prix de la matière première.

La quantité de charbon à dépenser pour produire 100 kilogrammes de fonte est soumise à des variations subordonnées à l'espèce des minerais. En admettant que le haut-fourneau ait des dimensions convenables, que la machine soufflante soit bonne, qu'il ne survienne pas de dérangements dans l'allure, on peut établir qu'il faudrait environ 70 à 100 p. 0/0 de charbon pour réduire des minerais fusibles, 100 à 150 p. 0/0 pour des minerais moyennement fusibles, et 150 à 200 p. 0/0 pour des minerais réfractaires. Cependant, il est rare que la dépense excède cette dernière quantité, car il serait peu avantageux de la voir s'élever

au delà pour traiter des minerais difficilement fusibles, dussent-ils rapporter 50 à 60 p. 0/0, tant la valeur du combustible a d'influence en pareil cas.

Le fourneau ayant beaucoup d'élévation et un ouvrage relativement étroit, on doit éviter l'emploi, en grande proportion, d'un minerai réfractaire ou devenu tel par une cause quelconque. Autrement, il faudrait s'attendre à des engorgements. D'un autre côté, le même minerai à doses plus faibles pourrait, forçant à consommer plus de combustible, concourir à surélever la température et à déterminer la destruction plus rapide de l'ouvrage. De plus, les matériaux surchauffés au-dessus du point de fusion, viendraient s'attacher à la tuyère et l'obstruer.

Enfin, une partie de la fonte passant sous le vent, privée de son laitier, devrait subir un déchet notable. Une telle allure peut exercer une influence d'autant plus nuisible dans le cas dont il s'agit, que le minerai employé est plus réfractaire.

On doit redouter un vent trop fort et une trop grande proportion de charbon lorsqu'on traite des minerais très fusibles, ou qui le sont devenus par une addition exagérée de fondant, parce qu'alors la fusion étant préparée beaucoup trop haut, le métal fondu traverse l'ouvrage avec une trop grande vitesse.

Si le minerai est pauvre, son laitier qui retient beaucoup de fer, vient bouillonner et se figer aux tuyères. Dans cette circonstance, où les ouvriers disent que les tuyères *flottent*, la réduction a toujours lieu d'une manière imparfaite. Si, au contraire, le minerai était riche et facile à fondre, il ne serait pas protégé par une quantité suffisante de laitier et l'affinage serait encore plus considérable.

Dans les deux hypothèses, on doit, ralentissant la vitesse du vent, essayer d'abaisser le point de fusion aux dépens de la température qui existe dans les parties supérieures. La situation des tuyères suffit pour indiquer qu'une augmentation de minerai n'est pas nécessaire; elle ne tendrait d'ailleurs qu'à favoriser les engorgements.

Le minerai mal bocardé ou insuffisamment grillé, et conservant encore des parties argileuses, exerce, lorsqu'il est humide, une influence d'autant plus nuisible sur la marche d'un haut-fourneau, que les dimensions de celui-ci sont plus petites.

En un cas semblable, les éboulements de masses conglutinées se renouvelant souvent, l'allure du fourneau est incertaine et il est difficile d'obtenir plusieurs bonnes coulées consécutives. Les laitiers qu'on retire du creuset et qui pourraient engorger l'ouvrage sont d'une couleur noire et d'un aspect terne; ils sont mêlés à une certaine quantité de minerais à demi réduits.

Au reste, même avec une forte charge de charbon, un minerai mal

préparé peut produire de la fonte blanche par surcharge et n'amener encore qu'une fusion incomplète.

On reconnaît qu'il y a surcharge de minerais, par l'état des laitiers qui deviennent sensiblement plus pesants, par la flamme qui s'échappe lentement du gueulard en couleur d'un rouge sombre, par la nature de la fonte qui se montre blanche grenue et par le produit de chaque jour qui sort des conditions obtenues en marche ordinaire.

Divers motifs obligent à réduire la charge en minerai, quand même il n'y a pas de surcharge. Entre autres, le plus ou moins d'humidité contenue dans le minerai et dans le charbon; un arrêt accidentel de la machine soufflante; l'élargissement du foyer; l'emploi d'une trop forte dose de fondant; un refroidissement quelconque du creuset; la chute de quelques matériaux tombés de la cuve ou des étalages; enfin la suspension imprévue du travail, quelle qu'en soit la raison.

Dans de telles occasions, il ne faut pas craindre de diminuer la charge en minerai d'un cinquième ou d'un sixième au moins, afin de remonter promptement la température du fourneau. Cette diminution n'est que passagère. Et, dès qu'on a remarqué après l'intervalle de deux ou trois coulées, une tendance vers un réchauffement sensible, on peut ramener la charge à son état primitif, par des augmentations partielles faites avec ménagement.

Un excès de fondant donnant un mélange trop fusible, le laitier, devenu très liquide, n'enveloppe plus assez la fonte pour qu'elle subisse sans inconvénient le contact du vent.

Le manque de fondant, au contraire, constituant un mélange trop réfractaire, le laitier épais et tenace ne se sépare pas facilement de la fonte dont il retient une assez grande quantité.

Déjà, nous avons signalé ces faits, quand nous avons parlé des effets produits par l'emploi de minerais très réfractaires ou très fusibles.

La dose de fondant la plus convenable est celle qui fait supporter au charbon la plus grande charge de minerais, sans que l'allure du fourneau soit troublée. Il est entendu que cette dose doit toujours être proportionnelle à la charge du minerai.

Il est facile de reconnaître à la pureté, au poids et surtout à la viscosité des laitiers, s'il y a excès ou non de fondant. On peut d'après cela, lorsqu'on a un minerai nouveau à traiter, augmenter graduellement et diminuer ensuite s'il est nécessaire, pendant quelques jours, la dose du fondant, jusqu'à ce qu'on ait rencontré le mélange fusible voulu.

A quels signes on reconnait l'allure du fourneau. — La connaissance certaine des signes résultant de l'observation d'un haut-fourneau est l'élément important qui doit servir à en réglementer la marche.

La nature de la fonte, explique, par elle-même la situation du four-

neau. Nous avons indiqué précédemment comment on peut classer, par aperçu, les différentes sortes de fontes obtenues dans les hauts-fourneaux au charbon de bois, travaillant en moulages.

Les fondeurs emploient la méthode pratique qui suit pour constater la qualité de la fonte, quelques heures avant la coulée. Après avoir moulé à découvert, sur le sol environnant la dame, une rondelle d'environ six centimètres de diamètre sur deux centimètres de profondeur, ils écartent les laitiers de l'avant-creuset, et, au moyen d'une petite poche recourbée, fixée à un long manche en fer, ils puisent une quantité de fonte suffisante pour remplir le moule. Lorsque la fonte est grise, la surface devient convexe au refroidissement; si au contraire, elle est blanche, la surface devient concave, souvent criblée de petits trous, et recouverte d'une peau noire s'enlevant par écailles.

L'aspect de la tuyère indique aussi, avec quelque exactitude, la marche du fourneau.

Lorsque la tuyère est claire et brillante, de telle sorte qu'on ne puisse reconnaître au premier abord les matières qui sont dans le foyer, c'est un indice certain que le fourneau est dans une bonne condition de température. Si au contraire, elle s'obscurcit, si elle jette un reflet rougeâtre, si l'œil distingue parfaitement les matériaux à leur passage, on peut en conclure qu'il y a surcharge de minerais. Le laitier qui vient bouillonner devant la tuyère l'obstruerait, si le fondeur n'avait soin de la *moucher* continuellement. En cas semblable, il est bon de travailler au ringard dans l'avant-creuset, afin d'expulser l'amas de scories qui remplirait bientôt tout le creuset et se figerait même sous la fausse tympe. Le laitier qui s'écoule pendant le travail du fondeur est peu chaud, quoique liquide; il se durcit promptement sur la dame d'où il faut l'enlever au crochet et à la pelle.

Si la tuyère est sombre, si elle se couvre de temps en temps d'un laitier visqueux mêlé à des parties de fer, on peut croire qu'il existe des chutes de matériaux provoquées par des accidents imprévus, que le point de fusion s'est élevé trop haut, enfin que les minerais et le fondant contiennent beaucoup de matières terreuses les enveloppant tellement que la réduction ne saurait être parfaite.

On reconnaît encore un excès de fondant, ou une trop grande fusibilité du minerai par l'aspect du *nez* de la tuyère, qui peut rester cependant assez brillante lorsque la température est bonne. Les laitiers bouillonnent, comme par une surcharge de minerais, mais ils se tirent moins en longueur et sont moins dangereux pour l'allure du fourneau. Si celui-ci est menacé d'un engorgement prochain, la fonte peut se montrer très grise et le laitier assez pur, parce que l'ouvrage est extrêmement resserré par le haut; la tuyère se charge néanmoins de matières figées.

Les tuyères à double enveloppe ou à serpentin, rafraîchies par un

courant d'eau, protègent l'ouvrage contre un élargissement trop immédiat, et le garnissent encore, lorsqu'il commence à se ronger, sous l'effort des masses réfractaires venant s'amasser sur leurs *museaux*. Mais sur la fin du fondage, quand l'élargissement est plus considérable, les matières déposées en plus grande quantité sur les tuyères, ne rencontrent plus d'appui et tombent continuellement dans le creuset.

Il faut alors, si la mise hors n'est pas jugée nécessaire, raccourcir les tuyaux de conduite d'eau aux tuyères, et reculer celles-ci de quelques centimètres en dehors de l'ouvrage.

Les laitiers dont la couleur varie suivant le mélange des minerais peuvent donner, par expérience, quelques indices sur la marche du fourneau.

Cependant, dans les hauts-fourneaux au charbon de bois où l'on traite des minerais qui n'ont pas de traces appréciables de soufre, de zinc et de plomb, les laitiers d'un vert clair, sans éclat, dont la surface se ride en longueur, qui sont caverneux et terreux annoncent généralement un dérangement du fourneau et accompagnent toujours la fonte blanche.

Les laitiers noirs ou d'un vert foncé, bien compacts, d'un aspect vitreux qui, en coulant sur la dame, présentent superficiellement des globules prononcées, recouvrent d'ordinaire la fonte grise et annoncent une bonne marche du fourneau. Un laitier blanc, friable et caverneux, est le signe d'une température très élevée et d'une fonte noire. On le rencontre plus fréquemment dans les fourneaux marchant à l'air chaud.

Les laitiers d'une couleur très noire sans éclat, boursouflés, extrêmement légers, sont produits par des chutes de matériaux qui les rejettent quelquefois avec force hors de l'avant-creuset.

Les matières tombées de quelque partie dégradée, du fourneau, les morceaux de minerai ou de fondant qu'on rencontre non réduits dans les laitiers, la quantité de charbons qu'on retire non consumés de l'ouvrage, sont encore des indices de la mauvaise situation du fourneau.

Un laitier trop liquide est sujet à des bouillonnements qui salissent la tuyère; il ne peut protéger la fonte contre l'action de l'air.

Un laitier trop épais retient la fonte, se durcit dans le creuset et occasionne des engorgements; il a l'inconvénient de se mêler avec la fonte dont on ne peut le séparer qu'en *crémant* avec soin.

Il faut, pour obtenir un laitier de bonne nature, qu'il soit coulant sans être trop liquide; qu'il ait de la consistance sans être trop visqueux et qu'il puisse filer en se cassant, bien que demeurant assez liquide pour ne pas exiger un *hâlage* difficile.

La flamme du gueulard et celle de la tympe expliquent aussi l'allure du haut-fourneau.

Si la flamme du gueulard est claire et vive, si elle s'élève d'une manière uniforme, elle indique une bonne marche du fourneau. Si au contraire elle est sombre et pâle, elle annonce un manque de température ou une surcharge de minerais.

Si la flamme est de peu d'apparence, il est présumable que le vent ne traverse pas assez rapidement les couches de matières. Si, au contraire, elle se projette très haut, si elle est intermittente, si elle se porte sur un côté du gueulard, les descentes obliques et les éboulements sont imminents.

Une flamme bleuâtre s'échappant avec force sous la tympe et dégageant des vapeurs, est le présage d'une surcharge ou de la concentration de la chaleur dans la partie inférieure de l'ouvrage. La fonte est ordinairement blanche quand la flamme de la tympe est terne, d'un jaune pâle, et jette de nombreuses étincelles.

La plus ou moins grande quantité de poussière répandue sur la plate-forme du gueulard, indique assez bien le degré de la vitesse avec laquelle le vent traverse la colonne des matières. Lorsqu'on traite des minerais friables, l'abondance de cette poussière ou *folle-mine* est souvent considérable.

La descente des charges, quand elle a lieu régulièrement et par temps égaux, est un signe de la bonne situation du fourneau; mais si les charges se jettent de préférence sur l'un des côtés de la cuve, si elles *sautent* rapidement après avoir été longtemps arrêtées, on doit prévoir des engorgements prochains et se mettre en mesure d'y porter remède.

Il peut arriver, quand on dispose d'une certaine puissance de vent, qu'un *saut* de la masse des matériaux remplissant la cuve, laisse au gueulard un vide de plusieurs charges et rejette, loin de l'avant-creuset, une grande quantité de laitier. Cela peut détourner une obstruction présumable, mais la coulée qui suit est rarement satisfaisante.

En conséquence, le fondeur doit être en état de prévoir la plupart des dérangements du fourneau, s'il sait réunir et comparer les observations qu'il a faites sur la nature de la fonte et sur celle des laitiers; sur la flamme du gueulard et sur celle de la tympe; sur l'aspect de la tuyère et sur la régularité des charges.

Obstructions de l'ouvrage. — Les obstructions de l'ouvrage, qui sont les accidents les plus à craindre proviennent des mêmes causes auxquelles est due la conversion accidentelle du produit en fonte blanche.

En effet les engorgements, que précèdent des chutes ou des descentes irrégulières, sont annoncés encore par le produit trop fort ou trop faible, eu égard au nombre des charges. Si le fourneau n'est pas dans de bonnes conditions au moment de l'engorgement, on éprouve beaucoup de difficultés à le rétablir dans sa marche normale, et l'on est souvent

forcé de le mettre *hors*. Quand les obstructions sont produites par la destruction de quelque partie de la cuve, des étalages ou de l'ouvrage, il y a, en effet, peu de remèdes à leur opposer.

On dégagera quelquefois le fourneau en remplaçant pendant plusieurs jours un quart ou un cinquième de la charge en minerais, par une quantité semblable de scories provenant des fours à pudler ou de battitures de fer, sauf à maintenir au plus bas, la charge en minerais pendant tout le temps du travail dans l'ouvrage. Car, il serait coûteux de mettre hors de feu, par suite d'un engorgement, un fourneau qui n'aurait encore que quelques mois de roulement. La nécessité fait loi en pareil cas, et l'on doit avoir épuisé toutes ressources possibles avant d'arrêter. Nous avons dû lutter ainsi dans une occasion semblable :

Depuis quelque temps, par un vice de la machine soufflante, le fourneau ne recevait qu'un vent trop faible. Insensiblement l'ouvrage se refroidit et s'engorgea si bien, à quelque distance du sommet des tuyères, que la colonne des matières demeura bientôt suspendue.

Après avoir essayé vainement de percer le fourneau à la place du tacret, dont le sable était complètement vitrifié, nous fûmes obligé de pratiquer des ouvertures à environ 15 centimètres au-dessus des tuyères, et de souffler par ces ouvertures sur la masse refroidie, dans les cavités de laquelle nous introduisions un à un des charbons et des morceaux de houille enflammés. Au bout d'un travail qui dura huit heures, nous parvînmes à faire un trou d'environ 9 à 10 centimètres de diamètre, par lequel descendirent quelques matériaux dans le creuset qu'on avait entièrement vidé. On enleva alors la dame, on remplit tout le creuset de charbons incandescents et on donna le vent par les tuyères après avoir bouché les ouvertures supérieures. Il fallut souffler pendant quelques heures, en ayant soin de tenir le creuset toujours plein de charbons, avant l'apparition de la fonte dont on débarrassa constamment la sole, au fur et à mesure de son arrivée.

Ce fut seulement, après vingt-quatre heures de ce travail opiniâtre, que les charges reprirent leur cours ordinaire et qu'on put rétablir la dame.

Mise hors. — Une dépense particulièrement accentuée en combustible et en minerai, la mauvaise qualité persistante de la fonte, un agrandissement indéfini de l'ouvrage et des engorgements insurmontables, déterminent forcément la mise hors.

Dans les usines qui n'ont pas de fours à reverbère, on rassemble, un ou deux jours avant cette exécution définitive, tous les gros *colis* qui n'ont pu être fondus dans les cubilots et on les jette au fourneau, sauf à laisser entre chacun d'eux un intervalle de plusieurs charges en mi-

nerais. De même, on utilise les *bocages* dont la qualité est trop mauvaise pour qu'on puisse les refondre ou les vendre dans les forges.

Le produit des dernières charges étant plus accentué et plus précipité que celui des charges ordinaires, on est forcé de multiplier les coulées dont la fonte, si elle n'est pas propre au moulage, est convertie en gueuses à l'usage des usines à fer.

Pendant toute la durée de leur roulement, quelques hauts-fournaux ajoutent à la charge en minerais une certaine quantité de grenailles ou de menus *bocages* amassés dans l'usine. La proportion admise, tout au plus, 15 à 20 kilogrammes par charge, est fondue sans augmentation de combustible, et permet de réduire la dose de fondant.

Nous ne conseillerons d'employer ainsi que des grenailles de fonte amassées, quand on passe à la claie les sables qui sont sous les pieds des mouleurs, ou quand on bocarde les laitiers. Cette opération dispendieuse consistant à conduire les laitiers sous les pilons d'un bocard où ils sont broyés ou lavés, à l'instar du minerai, est adoptée faute de mieux par les usines qui traitent des minerais réfractaires dont les laitiers, souvent visqueux, retiennent une partie notable de la fonte produite.

La durée d'un fondage ne peut pas être facilement précisée longtemps d'avance.

Si le fourneau n'éprouve pas beaucoup de dérangements dans son allure, cette durée dépend principalement des matériaux employés à la construction. Les campagnes, des fourneaux en moulages, sont moins longues que celles des fourneaux en gueuses, la bonne qualité de la fonte n'étant pas aussi exigible dans ces derniers.

Lorsqu'un accident à la machine soufflante, le manque de matériaux ou d'autres circonstances particulières forcent de suspendre le travail du haut-fourneau pendant plusieurs jours, on jette au gueulard un certain nombre de charges en charbon, d'autant plus grandes que le temps d'arrêt sera plus long. Ces charges étant annoncées comme devant arriver dans l'ouvrage, toutes issues, par lesquelles l'air atmosphérique pourrait pénétrer à l'intérieur du fourneau et animer la combustion, sont fermées. Et, si l'on a soin de remplacer par des fausses charges les vides que l'affaissement produit au gueulard, on peut laisser le fourneau demeurer en cet état pendant un mois ou plus.

Comparaison entre les produits de deux fourneaux de différentes dimensions. — Les fourneaux élevés, étant alimentés par une bonne machine soufflante, offrent sur les fourneaux de peu de hauteur une certaine économie de matériaux, en ce sens que les charges sont mieux préparées. Mais on doit préférer quelquefois ces derniers qui sont plus faciles à gouverner.

C'est du moins, notre avis pour les fourneaux à moulages. Plus on

tendra à agrandir les hauts-fourneaux au coke pour les fontes destinées à la fabrication directe ou indirecte du fer, autant, nous pensons, qu'au point de vue de la fonderie, on devra examiner de près la question dans le sens de la réduction du volume des hauts-fourneaux, soit comme : marche plus facile à diriger ; construction plus simple ; machines souflantes restreintes ; mises en feu et mises hors d'importance moindre, en raison de la simplification et de l'amoindrissement des appareils, etc. Telles sont les perfectionnements qui valent la peine d'être étudiés sérieusement.

Il suffit de considérer les suites d'un dérangement dans un grand appareil, où les variations que doit nécessairement subir la charge, ne sont apparentes qu'après un temps assez long. D'une coulée à l'autre, au contraire, dans un fourneau peu élevé, on rectifie l'allure et on parvient à changer la nature de la fonte en augmentant ou en diminuant la dose du minerai.

Nous allons établir ces faits par le parallèle de deux roulements, le premier résultant d'un haut-fourneau de $9^m,35$ de hauteur, le second d'un fourneau de 11 mètres de hauteur, tous les deux, marchant au charbon de bois et brûlant des minerais de même nature.

N° 1. Fourneau de $9^m,35$ de hauteur.		*N° 2. Fourneau de 11 mètres de hauteur.*	
Produit.	En moulages. . 498.640 kil. En bocages (1). 160.320 En saumons et gueuses. . . 22.540 Total. . . 681.500 kil.	Produit.	En moulages. . 462.879 kil. En bocages . . 228.195 En saumons et gueuses. . . 125.160 Total. . . 814.234 kil.
Consommation (2).	En charbons, 51,112 hect. 50 ou 75 hect. par 1,000 kilog. En minerais, 15,674 hect. 50 ou 23 hect. par 1,000 kilog.	Consommation.	En charbons, 54,482 hect. 50 ou 62 hect. par 1,000 kilog. En minerais, 14,656 hect. 20 ou 18 hect. par 1,000 kilog.

Si la consommation en matériaux est plus forte pour le fourneau n° 1, que pour le fourneau n° 2, quelle différence n'existe-t-il pas dans les produits en moulages, dont l'importance doit être si vivement sentie par le fabricant qui en fait sa spécialité. Cependant, nous devons faire remarquer que le chiffre de gueuses coulées, pendant le train du fourneau n° 2, aurait pu être diminué si l'usine avait été en possession de

(1) On appelle *bocages*, dans les hauts-fourneaux, les débris de fonte provenant des jets, des pièces manquées et des culs de poche, etc., etc.

(2) Dans ces comptes de consommation, nous ne parlons pas du fondant, parce qu'il est considéré comme ayant une valeur à peu près nulle, par rapport aux autres matériaux.

commandes de pièces massives, d'une réussite facile et n'exigeant pas la bonne qualité de fonte que demandent les objets d'ornement, de vaisselle ou de mécanique. Quoi qu'il en soit, on reconnaîtra qu'à fabrication semblable, le travail du premier de ces deux fourneaux serait de nature à présenter, au maître de fonderies, plus de bénéfices que celui du second.

Emploi de l'air chaud. — Les applications des appareils à chauffer l'air, ont été extrêmement variées. Ces appareils ont été composés pour la plupart d'un certain nombre de tubes en fonte, recourbés et dirigés en différents sens. Leur but est d'élever la température de l'air en lui faisant parcourir, pendant un certain temps, le vide laissé dans les tuyaux, dont la surface extérieure est soumise à l'action de la flamme. Rien ne précise absolument la forme et les proportions des systèmes de chauffage à admettre. Il est certain, cependant, qu'une section trop faible nuirait et qu'une section trop grande, s'opposerait à l'échauffement de l'air. On peut, dans une certaine limite, éviter ce dernier inconvénient, en multipliant les coudes pour briser la masse d'air.

Si l'on veut ménager le travail moteur, la vitesse de l'air dans les conduites, ne doit pas s'élever à plus de 25 à 30 mètres par minute. Cette vitesse restant subordonnée à la température que l'on veut obtenir et à la disposition particulière de l'appareil.

En somme, les points essentiels, dans la construction d'un appareil à air chaud, peuvent être résumés comme suit :

1° Disposer de la plus grande surface de chauffe possible, sans augmenter la pression par de nombreux tuyaux d'un faible diamètre et par des coudes d'un trop petit rayon ;

2° Éviter la multiplicité des joints, et par suite, les chances de perte d'air ;

3° Disposer les tuyaux de telle sorte que la dilatation de leurs parties ait lieu facilement.

On ne saurait déterminer, d'une manière générale, le degré de température à donner à l'air chaud lancé dans les hauts-fourneaux. Cet élément, doit résulter de la nature des minerais et même de celle du combustible ; il doit dépendre également de la qualité des matériaux employés au montage des ouvrages. Par exemple, une très haute température dans un fourneau monté en sable ou en grès peu réfractaires, ne tendrait qu'à amener une prompte destruction des parois et un déchet considérable dans le produit. D'un autre côté, le combustible devant être consumé dans le temps voulu pour la réduction du minerai, on n'obtiendra pas tout l'effet utile, et les charges seront brûlées beaucoup trop haut, si l'action d'une chaleur trop intense, vient hâter ce mo-

ment. La température de l'air chaud, est donc variable entre 150° et 300°; il serait peu profitable de la tenir au-dessous de la limite la plus basse, et il ne serait pas avantageux de la faire dépasser le point le plus haut.

Le chauffage des appareils à air chaud, par foyers additionnels, n'est praticable que dans les localités où l'on rencontre le combustible minéral à très bon compte. Ailleurs, il deviendrait d'un entretien dispendieux.

On avait admis, dans le principe, que la chaleur fournie par les flammes du gueulard était toujours inférieure de 1/4 à 1/5 à celle donnée par le combustible brûlé sur la grille d'un foyer. En effet, on comptait sur 130 à 135 calories par mètre cube de surface de chauffe et par minute, lorsqu'on employait une grille, et sur 100 à 105 seulement, lorsqu'on faisait usage de la chaleur du gueulard. Les expériences d'Ebelmen et les résultats constatés plus haut, ont montré à quelle puissance calorifique pouvaient atteindre les flammes perdues. Il suffit, pour cela, de brûler les gaz dans les conditions les plus favorables et de prendre toutes mesures utiles pour que la surface des tuyaux ne se recouvre pas d'une couche de poussières dont l'épaisseur nuirait à l'échauffement de l'air.

Le chauffage, par la flamme du gueulard, n'est pas exempt d'inconvénients, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer. Il provoque un tirage tendant à élever la température de la cuve aux dépens de celle de l'ouvrage, et à occasionner des descentes inégales. Les appareils à chauffer l'air, installés sur la plate-forme des gueulards, présentent un inconvénient grave emprunté à la nécessité d'élever l'air, pour le faire redescendre ensuite; ce qui, non seulement, est une cause de dépense, mais un obstacle à l'application de l'air chaud dans les usines, n'ayant que de faibles machines soufflantes.

Par ces raisons, les appareils construits sur le sol, doivent avoir une préférence incontestable. Nous croyons qu'un bien petit nombre d'usines ont conservé les appareils au gueulard.

Cependant, à titre rétrospectif, nous laisserons subsister à la pl. 8, les figures 1, 2 et 3 qui donnent deux dispositions différentes.

La première, représente le système Grosnier, dit à *serpentin*, qui a été monté il y à vingt-cinq ou trente ans, dans diverses usines à moulage, de la Meuse, des Vosges, de la Haute-Marne et des Ardennes. La vue du dessin suffit pour donner un aperçu de l'ensemble.

La deuxième disposition, figures 2 et 3, a été établie par nous, sous la direction de notre excellent maître, Eugène Flachat, vers 1838 à Tusey. Cet appareil, du type Calder, encore employé et, par cela même, bon à conserver dans cette nouvelle édition, est composé de 18 tuyaux courbes de $0^m,054$ de diamètre intérieur, assemblés sur deux conduits

concentriques de $0^m,33$ de diamètre intérieur, qui enveloppent circulairement une portion du gueulard. Les gaz sont introduits dans le sens opposé au mouvement de l'air et s'échappent par une cheminée d'appel dont la hauteur a environ 10 mètres. Le vent envoyé par la machine se rend aux tuyères dans la direction indiquée par les flèches. Un tuyau comdensateur, figure 24, pl. 7, est placé sur la conduite d'air chaud, en vue de neutraliser les effets de la dilatation et de la contraction.

L'épaisseur des tuyaux est de $0^m,025$ millimètres, et le vide laissé à l'emboîtement de chacun d'eux, pour l'introduction du mastic, a $0^m,015$ de largeur. Le mastic, employé pour les joints, étant composé de 2/3 tournure de fonte tamisée et 1/3 de terre argileuse, on formait une pâte de la consistance de celle du pain, en délayant ces matières dans du vinaigre blanc.

Les jonctions par emboîtements, ont dû être préférées aux jonctions à brides, ces dernières ne s'obtenant, d'une manière exacte, dans la pratique, qu'après des frais coûteux d'ajustage, et ne retenant le mastic qu'imparfaitement, lorsqu'elles sont échauffées.

Les conduites des appareils au gueulard, plus encore que celles des appareils sur le sol, avaient imposé la nécessité, en vue d'éviter les pertes de chaleur, d'entourer les tuyaux d'une couche de cordes filées avec du foin, laquelle était en outre revêtue d'une épaisseur de terre argileuse délayée dans l'eau avec du crottin de cheval, de la bourre ou du foin haché. Ce mode d'envelopper, les conduites, ou tout autre analogue, est indispensable en pareil cas.

A la même époque, l'appareil demi-circulaire que nous venons de décrire, a été rectifié d'une manière plus simple et plus efficace au fourneau de Varigny (Haute-Saône). Les deux gros tuyaux d'assemblage ont été placés sur deux lignes droites parallèles et le nombre des petits tuyaux a été réduit à douze, leur diamètre intérieur étant porté à $0^m,130$ au lieu de $0^m,054$. On a, de cette façon, diminué la pression et évité une certaine quantité de fuites. Cet appareil chauffait l'air à 280° centigrades au gueulard et le rendait à la tuyère à 230°, cette température de 230° suffisante d'ailleurs, réduisait de 1/5 la dépense en charbon de bois; mais on prétendait que la consommation en minerais dépassait celle reconnue, alors que le fourneau travaillait à l'air froid.

Depuis, les appareils Calder disposés circulairement, autour du gueulard, ont été descendus et appliqués sur le sol au pied des hauts-fourneaux. Ceux qui n'ont pas été conservés suivant cette disposition, empruntée aux usines anglaises, ont été remplacés successivement par des appareils en jeux d'orgue agencés en ligne droite ou circulaire-

ment, par des combinaisons diverses de tubes en forme de V renversés ou de serpentins.

Enfin, on est arrivé à une disposition mixte que nous avons décrite jadis et qui existe encore dans quelques hauts-fourneaux du groupe de l'Est. Cette disposition, est à peu de chose près, dans ces diverses usines, basée sur les données suivantes : l'appareil comprend des tuyaux à double manchon qui, liés par des coudes, forment généralement trois à quatre rangées horizontales et quatre à cinq rangées verticales; les tuyaux ont 2m,50 à 3 mètres de longueur et 0m,25 à 0m,35 de diamètre; ils sont réunis par des doubles coudes, placés de telle sorte que les joints puissent être visités, entretenus et démontés au besoin. L'espace compris entre les tubes est 0m,15 à 0m,18 en tous sens et la distance de la sol, aux premiers tuyaux, est environ 0m,50. L'air peut être chauffé jusqu'à la limite extrême de 250°.

Ces appareils, avec les joints établis en dehors du feu, présentent pour le chauffage au gaz une circulation plus large et plus favorable que le système Calder, qu'on a conservé plutôt avec les foyers chauffés à la houille.

De part et d'autre, du reste, la section circulaire des tuyaux a été transformée en une section aplatie de forme rectangulaire terminée par des arrondis demi-circulaires.

Comme appareils très sensibles, c'est-à-dire chauffant rapidement et élevant l'air à une haute température, nous avons employé les appareils belges, dits *de Charleroi*, modifiés et disposés, autant que possible, pour éviter les réparations trop multipliées. Ces appareils composés de deux tubes concentriques de 4 ou 5 mètres de longueur et d'un diamètre extérieur de 0,80 environ, l'espace libre entre les tubes étant de 0m,05 à 0m,06 ont été perfectionnés par Thomas et Laurens qui ont imaginé, à l'intérieur, des lames entrecroisées pour rompre les couches d'air et en faciliter l'échauffement.

Depuis, les mêmes ingénieurs ont transformé leur système, d'horizontal qu'il était, en une disposition verticale appliquée à chaque tuyère, plus simple et tenant moins de place que la disposition horizontale.

A Marquise, sans qu'il fût besoin de laisser entre les deux tubes, les lames entrecroisées de Thomas et Laurens, le système des appareils Charleroi, de plus en plus perfectionné, a donné, pendant plusieurs années d'excellents résultats, en dehors de quelques réparations inévitables. On chauffait l'air jusqu'à 300°.

Ce système a été cependant abandonné vers 1861, pour les appareils du type primitif de Calder et de Comgreaves, sensiblement améliorés, par une agencement simple, dont nous donnons le dessin (pl. 9, fig. 1 à 4). Les tuyaux en fer à cheval, de section arrondie et aplatie, ne sont plus d'une seule pièce. Coupés en deux, pour ainsi dire, ils ne sont plus su-

iets à se déplacer, à se briser, à rompre leurs joints et à être brûlés au sommet. Ils se soutiennent, à la partie supérieure, par des oreilles formant un emmanchement libre et brut. La section de ces tuyaux est de plus, divisée en deux parties par une cloison qui force la circulation de l'air et facilite son échauffement. Ce type, très clairement expliqué par le dessin, est la réalisation la plus complète des progrès admis à ce jour. Après avoir cherché longtemps la complication et les détails, on est revenu à cet appareil facile à chauffer à volonté, et pouvant marcher simultanément au gaz et au combustible, C'est donc dans une disposition de ce genre et dans celle à circulation horizontale par tuyaux également aplatis, dite de *Wasseralpingen*, empruntée, comme point de départ, à l'appareil primitif, construit à Tusey, qu'il y a lieu de se renfermer aujourd'hui. (Voir fig. 5 et 6 pl. 9), un tracé de cet appareil.

Il ne paraît pas nécessaire, au moins pour les hauts-fourneaux à moulage, d'élever la température de l'air alimentant les hauts-fourneaux au-dessus de 250 à 260°.

La question de chauffer plus ou moins l'air a perdu aujourd'hui beaucoup de son importance. On a reconnu que si le vent chaud n'exerce pas sur la qualité de la fonte, l'influence désastreuse qu'on lui avait attribué d'abord dans quelques usines, son emploi n'est pas toujours aussi économique qu'on pourrait le supposer.

Pour beaucoup de directeurs de hauts-fourneaux, l'application de l'air chaud est surtout un moyen de régulariser et de redresser la marche, en même temps que de faciliter le travail aux tuyères et dans l'ouvrage.

En examinant la question au point de vue pur et simple de la fonderie, il est possible de la résumer comme suit :

Les chefs d'usine qui ont abandonné ce procédé, ne nient pas qu'il soit susceptible de réaliser une certaine économie ; mais ils croient qu'au point de vue de la qualité, il n'est pas prouvé que la fonte à l'air chaud doive être préférée à celle à l'air froid. Si quelques objets de moulage par exemple : la vaisselle, les ornements, quelques pièces de mécanique peuvent s'accommoder de la fonte à l'air chaud, il est à peu près établi que ce produit ne convient pas pour les organes de machines demandant une certaine tenacité, et pour les objets tels que les cornues, les chaudières, les cylindres à fabriquer les produits chimiques et autres, devant aller au feu. Les inconvénients plus ou moins graves, reprochés à l'air chaud, ont été et sont encore les suivants :

Une partie de l'effet utile des machines soufflantes est perdue, par suite de la résistance que donne la circulation rompue de l'air dans les tuyaux des appareils ;

Dans certains hauts-fourneaux, la consommation en minerais doit augmenter, notamment si l'on traite des minerais fusibles ;

Sous l'influence de l'air chaud, la fonte devient très tendre et plus facile à travailler ; mais, il est rare qu'elle ne perde pas de sa ténacité et qu'elle ne soit pas moins pure ;

Les variations plus fréquentes de la température, notamment quand les tuyères ne sont pas fermées, peuvent occasionner des dérangements d'autant plus dangereux pour le fourneau, que la marche à l'air chaud a été plus poussée vers une température élevée ;

Le développement exagéré de la température entraîne la destruction plus rapide de l'ouvrage ;

Enfin, les dépenses de construction et d'entretien des appareils ne sont pas toujours compensées par l'économie des résultats obtenus.

C'est pourquoi, dans certaines fonderies, on a cru pouvoir conclure que, pour admettre utilement l'air chaud, il fallait du moins être autorisé par les circonstances qui suivent :

Avoir des machines soufflantes d'une certaine puissance;

Acheter les combustibles à un prix élevé ;

Traiter des minerais réfractaires.

Et, que dans tous les cas, il était bon de se réserver le moyen de marcher à volonté à l'air chaud ou à l'air froid, en faisant usage d'un système particulier et par double emploi, appliqué à la distribution du vent aux tuyères.

Hauts-fourneaux au coke. — On trouvera plus loin des indications pratiques sur quelques usines marchant au coke, comme fonderies. Elles devront compléter ce qui a été dit jusqu'ici, et tout ce que nous aurions à dire encore.

Nous nous bornerons à résumer quelques indications spéciales ayant pu nous échapper dans les pages qui précèdent, lesquelles concernent plus particulièrement la fabrication au charbon de bois.

Les hauts-fourneaux au coke, qu'on considérait comme d'énormes appareils en 1850-53, même en Angleterre et en Amérique, se sont développés depuis, dans des proportions de plus en plus accusées, pour atteindre des dimensions colossales.

Il nous suffira de citer la marche progressive de l'établissement de Midlesbrough, depuis 1851.

A cette époque, un fourneau de $12^{m},80$, hauteur totale, $4^{m},57$, diamètre au ventre, produisait 16 tonnes par vingt-quatre heures, à la

température 270° Fareinhet, avec une consommation de 1,054 kilogrammes de coke par tonne de fonte. En 1853, un fourneau de 16m,85, hauteur totale, 4m,57 diamètre au ventre, produisait 26 tonnes par vingt-quatre heures, même température du vent, avec une consommation de 1,524 kilogrammes de coke par tonne de fonte.

En 1862, un fourneau de 22m,86, hauteur totale, diamètre au ventre 5 mètres, produisait 32 tonnes, avec une consommation de 1,350 kilogrammes de coke par tonne de fonte.

En 1864, un fourneau de 29m,10, hauteur totale, diamètre au ventre 5 mètres, arrivait à produire 46 tonnes par vingt-quatre heures, avec une consommation de 1,140 kilogrammes de coke par tonne de fonte grise à moulage. L'air était chauffé jusqu'à 500° Fareinhet.

En 1866, un fourneau de 23 mètres de hauteur, mais du diamètre de 6m,10 au ventre, produisait 58 tonnes par vingt-quatre heures, en fonte d'affinage, avec une température de 500° Fareinhet, et en consommant 1,015 kilogrammes par tonne de fonte produite. A la suite de ces études, on a reconnu que la consommation du coke, par tonne de fonte, a toujours été en diminuant, à raison de l'augmentation de la capacité intérieure. Toutefois, le maximum de cette diminution, paraît se tenir entre les résultats du fourneau de 1864 et ceux du fourneau de 1866. On peut remarquer que le fourneau de 1866, dont la capacité est plus faible, et dont le diamètre au ventre est proportionnellement plus grand que celui du fourneau de 1864, donne une consommation plus faible. Mais, il faut noter que le premier marchait en fonte d'affinage, et le second en fontes de moulages.

Ceci démontrerait qu'en dehors de certaines limites qui se tiennent entre 25 à 30 mètres de hauteur, et 5 à 6 mètres de diamètre de ventre, il n'est pas intéressant de chercher l'agrandissement indéfini des hauts-fourneaux.

Partout du reste, les appareils de cette nature deviennent incertains et difficiles à expliquer, plus ils s'écartent des dimensions restreintes admises par la pratique pour les fourneaux au charbon de bois, au coke et au mélange, qui se tiennent dans les limites de 12 à 15 mètres de hauteur totale, et 2m,50 à 4 mètres au ventre.

Les rapports entre la capacité de la cuve, l'inclinaison des étalages et les dimensions du creuset, suivant la nature des matières traitées et le volume du vent dont on dispose, sont donc très variables. Elles dépendent du plus ou moins de fusibilité des minerais, de la densité du combustible et de la destination spéciale du produit, fonte à moulage, fonte à fer, fonte à acier. C'est ce que nous avons déjà fait ressortir.

Cependant, on peut admettre que les proportions admissibles pour les

hauts-fourneaux à coke, de moyenne grandeur, peuvent être circonscrites dans les données suivantes, du reste, assez larges (1) :

Que la hauteur totale peut être égale à trois ou quatre fois le diamètre du ventre ;

Que le diamètre du ventre peut être situé au tiers environ de la hauteur totale, à partir de la sole ;

Que le diamètre du gueulard doit se tenir entre les 2/5 et les 3/5 du diamètre du ventre ;

Que la hauteur de l'ouvrage peut être maintenue dans les limites du du 1/6 ou du 1/7 de la hauteur totale ;

Que la hauteur du creuset doit être limitée entre 0m,50 et 0m,90, sa longueur entre 1m,60 et 2m,40, sa largeur, au niveau des tuyères, entre 0,70 et 1 mètre ;

Que les étalages doivent avoir une hauteur qui est généralement la moitié du diamètre au ventre, et qui peut rester entre 1m,20 et 2m,40 ; que l'inclinaison des étalages, ce qui est pour cette partie du fourneau, le point le plus important, demeure celle qui peut être, suivant les minerais et la qualité de la fonte, limitée entre 50 et 70 p. 0/0, termes extrêmes.

L'agrandissement des appareils au coke a amené sinon la simplification réelle, du moins une disposition nouvelle des massifs, rendue plus abordable aux réparations, plus légère et plus économique que les énormes masses carrées des hauts-fourneaux qu'on construisait, il y a quelque quarante ans.

Aujourd'hui, la maçonnerie du massif est absolument indépendante du haut-fourneau proprement dit. La cuve repose sur des piliers, reliés par des poutrelles métalliques ou par des voûtes fermant les embrasures des tuyères et celles de la coulée.

La base du fourneau sur laquelle reposent ces colonnes, s'écarte assez de la maçonnerie en briques ou en pierres réfractaires, qui forme le creuset, l'avant-creuset et l'emplacement des tuyères, pour que le travail soit facile, en pleine marche, aux abords de ces diverses parties. On enlèverait la partie inférieure et les étalages, sans danger pour la cuve appuyée sur l'entablement que supportent les piliers, de telle sorte que les réparations, les plus importantes, pourraient se faire aisément et rapidement, sans interrompre le fonctionnement de l'appareil. Il y a des fourneaux où la cuve et sa chemise ont été faites par des constructeurs hardis, en une ou deux enveloppes de briques : la première, en briques réfractaires de 33 centimètres de longueur, la seconde, en

(1) En Angleterre, en Amérique et en Allemagne, on emploie maintenant, pour la disposition intérieure des fourneaux, des raccords à grandes courbes qui font disparaître à peu près, toutes traces, comme situation et dimensions déterminées, des étalages, de l'ouvrage, etc.

briques ordinaires de 22 centimètres. Quelques-uns ont même supprimé les cercles en fer, devant soutenir et consolider cette espèce de tour de peu d'épaisseur, qui forme l'œuvre du haut-fourneau au-dessus des étalages. Les tuyaux de descente des gaz du gueulard au sol de l'usine, sont agencés autour du fourneau, pour être utilisés à titre de colonnes et de supports. Cette sorte d'appareil, dont nous donnons un spécimen par la (fig. 5, pl. 8), est la réalisation la plus économique des hauts-fourneaux connus actuellement. Simple et pratique, la construction se prête à toutes les réparations. Elle donne, ainsi que nous le disons plus haut, l'inappréciable facilité, par des ouvertures placées à des hauteurs différentes, de constater la température du fourneau, d'y appliquer des appareils de vérification, enfin de souffler à diverses hauteurs, pour déplacer les points de préparation, de réduction et de fusion, s'il était nécessaire.

De tels appareils sont d'un prix d'établissement trois ou quatre fois moins élevé que celui des anciens fourneaux. Laissant toute leur armature disponible et leurs briques d'un enlèvement facile, ils se prêteraient rigoureusement à des déplacements peu onéreux.

Il en est ici, comme de la fabrication des tuyaux de fonte coulés debout à grande longueur, dans des châssis ronds avec une faible épaisseur de sable, même sous une mince couche de terre. La première fois que nous avons fait couler ces tuyaux du haut en bas avec une chute de 3 à 4 mètres, chacun s'enfuyait croyant voir le moule éclater. Des tours de hauts-fourneaux, auxquelles on était habitué à voir des massifs de 2 et 3 mètres d'épaisseur, qui se fendillaient et s'ouvraient au feu plus que les simples revêtements circulaires, sont construites à présent à une épaisseur de 50 à 60 centimètres, et même moindre.

Quand les ouvriers ont vu ces nouveaux appareils, ils s'attendaient à les voir se séparer, se briser, s'écrouler, ne montrant à l'intérieur que des matières refroidies et figées.

Maintenant, on s'y fait. Et l'on voit en France, comme en Angleterre et en Allemagne, des fourneaux d'une construction plus ou moins avancée, plus ou moins perfectionnée, sur ces types modernes. Le Creusot a monté de tels massifs. Le fourneau de Fraisans dont nous avons parlé est disposé ainsi et bien d'autres. En somme, après avoir pris comme point de départ la tour en section quadrangulaire de la base au sommet, on a passé par les fourneaux à massif carré et à tour en tronc de cône, ce qui était un progrès, pour arriver à la forme entièrement circulaire, reposant sur un massif cylindrique, remplacé depuis, par une charpente métallique supportant la tour conique; enfin, on a isolé toute la base du travail en donnant à la cuve, des étalages au gueulard, toute la légèreté possible. Ces transitions ont peu à peu

ramené les hauts-fourneaux à la forme de gros cubilots en leur donnant une tournure véritablement pratique.

Du reste, on avait tenté, il y a des années, entre Ligny et Saint-Dizier, une construction de hauts-fourneaux réduits dans des conditions analogues, avec parties basses en sable et cuves en briques réfractaires, le tout renfermé dans un revêtement de fonte, à plaques boulonnées et disposées à la façon des enveloppes de cubilot. L'auteur de ces petits appareils ayant une hauteur de 5 à 6 mètres, était un ancien ouvrier, qui, autant que je puis me rappeler, s'appelait Janson, et était de Tréveray. On se moquait de lui, et l'on s'étonnait qu'un modeste *cubilotier*, ainsi qu'on disait, voulut devenir à si peu de frais maître de forges.

Les fonds et par suite le charbon et le minerai manquèrent. L'affaire tomba. Dans cette idée première, est à mon avis, le germe tout entier des dispositions perfectionnées admises aujourd'hui et qui resteront en s'améliorant encore.

Ceci dit, nous nous bornerons à citer, dans cet ordre d'idées, le fourneau de Marnaval, près Saint-Dizier. Ce haut-fourneau consacré à la production des fontes à moulages, est le premier qui ait été établi, sur d'aussi grandes proportions dans la Haute-Marne et même dans tout le groupe dit de la *Champagne*.

Construit par M. de Wathaire, l'ingénieur des hautsfourneaux de Saint-Louis, le fourneau, de Marnaval qui date de 1873 est à chemise réfractaire simple sans enveloppe extérieure. Une première colonnade supporte les marâtres. Deux autres séries de colonnes superposées soutiennent le pont et la plate-forme du gueulard. Le gueulard est desservi par un monte-charge hydraulique pouvant élever 4,000 kilogrammes environ.

On a adopté pour la disposition de cette usine, les plus récents perfectionnements des usines anglaises et écossaises. Coulée des gueuses en plein air; surchauffage de l'air par les procédés Siémens; appareils Cowper disposés par tuyères et pouvant élever jusque 500° centigrades le vent envoyé au haut-fourneau. La machine soufflante est prévue comme les conduites de vent et de gaz, pour deux hauts-fourneaux. Elle est du système Farcot et de la force de 150 chevaux.

Améliorations dans le travail des hauts-fourneaux. — A cet égard, nous résumerons ce qu'il est bon de consigner dans ce livre, comme procédés et appareils anciens ou nouveaux, dont nous n'avons pas parlé ou dont nous avons insuffisamment tenu compte dans les pages qui précèdent.

Les expériences que nous relations dans notre dernière édition et qui portaient sur l'injection de la vapeur d'eau et sur l'insufflation du poussier de charbon de bois aux tuyères, n'ont pas eu, que nous sachions,

des résultats utiles à noter. Nous n'en parlerons pas, laissant à nos lecteurs le soin de rechercher et de retrouver ces anciennes données, si elles les intéressent.

Au point de vue du combustible, nous laisserons également de côté les procédés de carbonisation en vases clos et autres qui ont fait leur temps ou qui se sont continués dans des conditions insuffisantes pour intéresser la métallurgie de la fonte.

Nous accorderons quelques lignes aux procédés Dromart pour la carbonisation en forêt, lesquels sont encore aujourd'hui employés dans les Landes et datent de 1867 ou 1870.

L'appareil Dromart a la forme d'un dôme ayant $5^m,25$ de diamètre à la base et $4^m,50$ de hauteur. Il est couronné par une cheminée de 1 mètre de hauteur et $0^m,70$ de diamètre, portant un petit foyer latéral dans lequel on fait du feu, au début de l'opération, pour activer le tirage. Une sorte de carcasse composée de génératrices en fer double T, assujetties à la base et au sommet sur deux couronnes en fonte, reçoit des panneaux en tôle, formant une cloche qui sert de vase clos. Le bois est agencé à l'intérieur de cette cloche par rangées debout, comme dans les meules ordinaires. Après dix heures de chauffage, la température du four est à 100°; puis elle s'élève successivement jusqu'à 150°, annonçant la distillation du goudron, laquelle s'opère entre 200 et 300° centigrades. A cette dernière limite, l'opération est terminée et le charbon cuit au degré convenable, pour être employé dans les hauts-fourneaux.

Les températures sont constatées à l'aide de baguettes, en alliages fusibles, qu'on introduit dans la meule.

La cheminée est bouchée six ou sept heures après la fermeture du foyer placé à la base de la meule et qui a servi à propager et à alimenter la combustion à l'intérieur de l'appareil.

Toutes les portes, au nombre de trois, étant ouvertes et le refroidissement opéré, les ouvriers peuvent entrer dans l'intérieur de la cloche pour procéder au déchargement. Le charbon retiré de l'appareil est étendu sur le sol, arrosé au besoin et seulement mis en tas, après vingt-quatre heures.

Le rendement des rondins de bois de pin de 10 à 15 centimètres de diamètre est d'environ 28 à 30 mètres cubes en charbon, pour 42 à 44 mètres cubes de bois et pendant une durée de carbonisation de trente-quatre à quarante-deux heures. En moyenne, pour du bois de pin d'un an de coupe et bien sec, le rendement se tient entre 60 et 65 p. 0/0.

Un appareil peut carboniser, dans l'année, 3,300 stères de bois, produisant 1,980 mètres cubes de charbon à 10 francs l'un, dont il faut déduire :

Pour main-d'œuvre, à 1 fr. 50 par mètre cube.	2.970 fr. 00
Intérêt du capital pour achat de fours..	300 00
Amortissement.	600 00
5 montages et démontages avec transports..	500 00
Ensemble.	4.370 fr. 00

Il reste un produit net de	15.430 fr. 00
La même quantité de bois carbonisée en forêt par les meules ordinaires, donne au maximum 1.000 mètres cubes, à 10 fr. . . .	10.000 00
La main-d'œuvre et l'approchage, coûtent à raison de 2 fr. par mètre cube.	2.000 00
Reste un produit net.	8.000 fr. 00

Soit 7,430 francs en faveur de l'appareil Dromart.

Les avantages que ce système peut présenter sur les meules sont :
Un rendement beaucoup plus considérable;
Un charbon de qualité plus régulière;
La facilité de cuire en toute saison;
Une production plus grande dans un même temps;
Une économie de main-d'œuvre, due à la facilité d'employer des ouvriers qui ne sont pas spéciaux. Tout le travail consiste en effet, à charger la meule et à surveiller la température à l'aide des éprouvettes métalliques, en zinc, plomb ou alliage.

De tels résultats assurés par une application d'une certaine durée, méritent certainement d'être pris en considération, tant la question des combustibles dans les hauts-fourneaux est une chose importante.

L'emploi du bois en partie carbonisé, n'a pas été abandonné. Il s'est répandu dans les Ardennes. Depuis 1841, le fourneau de Chéhéry a marché souvent avec du bois torréfié ou fortement desséché en forêt.

Une expérience d'un mois a donné des résultats bons à conserver: 1,536 charges composées de 768 rasses de charbon d'un hectolitre, ou 768 hectolitres et de 9,982 rasses de bois torréfié ou 41,591 cordes (doubles stères) ont mis en fusion 7,819 bâches de minerais à 30 kilogrammes l'un, cubant ensemble 1,420 hectolitres du poids de 234,570 kilogrammes. Cette consommation a produit 94,595 kilogrammes de fonte, soit 8 hect. 29 de minerai et 9 stères de charbon roux pour une tonne de fonte.

Ces chiffres donnent sur le travail des trains précédents, un boni de plus de 25 p. 0/0, le vent étant chauffé à 210 ou 220°, au maximum.

En général, avec cette marche, la fonte se maintint grise, sans limaille et très nerveuse. Les dérangements dans l'allure, quand ils se produisirent, durèrent peu. On pensa que la présence du vent chaud était

nécessaire, et plusieurs fois lorsqu'on dût le supprimer momentanément, on remarqua un refroidissement si sensible, qu'on était obligé de remplacer sur-le-champ une partie de la charge en bois torréfié par du charbon. Il n'y eut pas d'embarras à la tuyère, et les chutes de mines furent peu fréquentes ; mais dans ces moments, un abaissement de température dans le vent eut été fort dangereux. Le travail du creuset resta facile et les fondeurs ne se servirent que rarement du ringard.

Au fourneau de Haraucourt, également dans les Ardennes, on a employé aussi le bois torréfié pour produire des fontes à moulages. En introduisant dans les charges, 2/3 en volume environ de bois torréfié par la méthode Houzeau-Muiron, on obtint une économie de 1/6, la nature de la fonte restant d'ailleurs toujours la même, et l'allure du fourneau se présentant meilleure et plus régulière.

L'emploi du bois en nature, c'est-à-dire sans être carbonisé ni même séché, n'a pas réussi autant que celui du bois torréfié. En effet, il faut pour qu'on puisse profiter de tout le calorique dégagé par le bois, que la carbonisation ait lieu en temps utile à une certaine hauteur de la cuve ; mais la température tend à s'élever vers le gueulard aux dépens des régions inférieures du fourneau, et de là, la difficulté d'obtenir des fontes chaudes. Quelques métallurgistes sont d'avis que les vapeurs dégagées par le bois vert, tendent à conserver aux charges une certaine humidité vers le gueulard, et à favoriser la carbonisation dans la cuve. Il serait donc difficile en calculant toutes les chances pour ou contre les deux procédés, de se prononcer exactement en faveur du bois vert ou du bois torréfié.

Quoiqu'il en soit, on parait avoir renoncé à l'emploi du bois vert, tandis que le bois torréfié continue à être brûlé dans plusieurs hauts-fourneaux. L'abandon du bois en nature serait plutôt attribuable aux dépenses nécessitées par le transport des bois sur les lieux de fabrication. Cependant, certaines usines du Doubs et de la Haute-Saône ayant continué à conserver dans leurs charges 20 à 25 p. 0/0 de bois vert, tel qu'il sortait des coupes, ont dû renoncer à ce combustible, les fontes perdant de leur qualité et l'allure devenant trop irrégulière.

L'emploi du bois cru avec mélange de coke a été propagé par les frères Vivenot de Champigneules, qui avaient pris un brevet pour leur système dont ils se chargeaient de faire l'application, moyennant un abonnement de 1,000 francs par an pour un fourneau de 10 mètres de hauteur et au-dessous. 2,000 stères de bois et 1,500 tonnes de menu coke devaient suffire à l'approvisionnement d'un de ces appareils marchant habituellement au charbon de bois. Les essences de bois les plus convenables, étaient les plus dures : le chêne, le charme, le hêtre, par exemple. Le bois pouvait être employé immédiatement après l'abattage sans qu'il fut nécessaire de convertir le taillis en cordes, mais seule-

ment en perches qu'on devait utiliser depuis la grosseur de 20 millimètres de diamètre.

Une campagne eut lieu vers 1838 au haut-fourneau de Champigneules, en employant les procédés Vivenot. Bien que la fonte fut destinée à la fabrication du fer, il fallut faire des sacrifices pour s'en défaire, vu sa mauvaise qualité. — L'allure du fourneau fut souvent dérangée et l'on eut la plupart des coulées, en fonte absolument blanche, ce qu'on dût attribuer à l'emploi d'une trop forte proportion de coke pour un appareil de 8 mètres de hauteur, brûlant des minerais siliceux passablement réfractaires et retenant des fragments de quartz.

Des essais au mélange de coke et de charbon de bois, au même fourneau, ne furent pas plus heureux.

Cependant, on reconnut qu'avec ces mélanges établis dans des proportions convenables, il était facile d'obtenir de bons produits. Nous avons obtenu au haut-fourneau de l'abbaye d'Evaux un fort bon train avec 1/3 de coke mélé à la charge. Après de premiers tâtonnements, il fut reconnu qu'il était indispensable de combiner les deux sortes de combustibles et d'éviter de les charger séparément, l'un sur l'autre.

Pour rendre le mélange complet, le coke devait être concassé en fragments d'un assez faible volume pour qu'ils dussent être brûlés dans le même temps que les morceaux les plus gros de charbon de bois. Le coke employé ainsi, ne devant pas en effet, être entièrement brulé avant d'arriver aux tuyères.

Il faut en outre, après avoir assorti les combustibles de manière à leur faire rendre tout le calorique qu'ils comportent, tenir compte de la pression du vent, laquelle doit être réglée de telle sorte qu'elle convienne à la densité moyenne, c'est-à-dire qu'elle soit moindre que celle nécessaire pour bruler du coke seul et plus grande que celle utile pour consumer du charbon de bois.

On peut connaître, s'il y a lieu de redresser l'allure quand les fondeurs ont retiré du creuset, pendant le travail, une quantité plus ou moins grande de coke imparfaitement brulé. En pareil cas, on doit charger du coke plus menu, en admettre une plus faible quantité, ou même le supprimer tout à fait, dans un certain nombre de charges.

Ce moyen régulateur emprunté à la grosseur proportionnelle du coke et à sa présence plus ou moins accentuée dans les charges, est du reste assez commode pour régulariser la marche.

Du reste, un assez grand nombre de hauts-fourneaux au charbon de bois, dans l'Est, notamment, marchent encore aujourd'hui au mélange de coke et de charbon de bois. Tous ayant plus ou moins perfectionné la théorie que nous venons de donner.

On n'a pas, que nous sachions, réussi à employer encore l'anthracite et la tourbe dans les hauts-fourneaux et surtout dans les hauts-four-

neaux à marchandises. Sous ce rapport, les essais tentés depuis près d'un demi-siècle ne paraissent pas avoir été couronnés de succès. Nous n'en parlerons pas, étant entendu que nous ne voyons aucun intéret à traiter ce sujet en parlant des hauts-fourneaux et fonderies en France. (1)

Toutefois, nous rappellerons qu'un ingénieur belge a proposé, il y a quelques années, divers moyens pour favoriser l'emploi du charbon cru, même dans les hauts-fourneaux de petite dimension. Son procédé consistait en un fourneau à flamme renversée donnant un passage à l'air réparti sur toute sa section, et réservant une large issue aux produits gazeux de la combustion.

Le mouvement de l'air, devant se faire en sens inverse de celui adopté, le vent pénétrait dans le fourneau par un système de tuyaux disposés depuis le haut jusqu'en bas. De cette façon, la flamme au lieu de sortir par le gueulard, traversait un conduit horizontal destiné à remplacer l'ouvrage, circulait au-dessus du creuset et s'échappait dans une cheminée d'appel. Cette idée était fondée sur ce principe qu'il fallait marcher en sens inverse de ce qui se passe dans les hauts-fourneaux ordinaires, où le charbon, s'il est gros, se colle, forme voûte et empêche le passage de l'air ; s'il est maigre, se délite et forme une poussière que l'air ne peut traverser et qui s'oppose au passage des gaz carboniques.

Cette idée, assez bizarre dans son ensemble, n'a pas eu de suites, croyons-nous, et est allée rejoindre beaucoup de tentatives de même sorte dont on n'a plus entendu parler.

Chargement des hauts-fourneaux. — Le chargement à bras à l'aide de bacs, rasses et autres mesures portatives d'une capacité quelconque a à peu près disparu de la manutention des hauts-fourneaux. Aujourd'hui, ainsi qu'il a déjà été dit, beaucoup d'usines préparent de toutes pièces sur la plate-forme du gueulard, le mélange des minerais, de la castine et du combustible disposés par couches uniformes dans lesquelles on tranche pour prendre la charge, qui est conduite au gueulard, par des wagonnets en tôle à fond mobile ou qui, élevés par une grue les amenant dans l'axe du gueulard, sont vidés instantanément par le décliquetage du fond.

Ces appareils de chargement sont disposés en vue d'une répartition égale de la charge et suivant ce que permet le système de fermeture des gueulards, dans le cas où les fourneaux marchent à gueulard fermé.

Une disposition assez simple est la fermeture Lévêque.

C'est une fermeture hermétique au moyen d'une sorte de cloche co-

(1) Voir *Combustibles*, page 83 et suivantes.

nique qui repose, pendant la marche, dans une rainure annulaire garnie de sable, à peu près comme toutes les combinaisons à doubles cônes renversés. Le bord supérieur de la cloche, recourbé en dedans, donne lieu à une deuxième fermeture établie à la base d'un tuyau suspendu à une certaine hauteur, par lequel s'écoulent les gaz, après leur sortie du fourneau.

Quand il s'agit de charger, la cloche reposant sur le gueulard s'élève guidée dans la rainure supérieure pour laisser passer les wagons, et le système de levier qui conduit cette manœuvre vient fermer les tuyaux de départ descendant au bas du fourneau; alors les gaz s'échappent de la cheminée pendant la durée de la charge. Quand les wagons arrivent, on les amène au-dessus du gueulard, la cloche étant soulevée; puis, la trappe est ouverte et la charge versée sur un cône en tôle, ayant le sommet en haut, d'où elle se répartit sur la circonférence, les plus gros morceaux entrainés par leur poids, gagnant le centre.

Cette combinaison ne diffère de celle à couvercle hydraulique ou à sable mouvant, avec double cône à base opposée, que par la disposition particulière du cône mobile qui glisse au long des tuyaux servant à la fois au départ des gaz en marche ou à leur évacuation pendant la charge.

Les chariots ou wagonnets distributeurs de la charge ont été perfectionnés d'une manière ingénieuse par la modification du fond mobile. Aux clapets à charnière composés d'un ou de deux battants, on a substitué un fond conique, ou mieux un entonnoir en tôle, d'une seule pièce, renversé. Ce fond est suspendu au centre du chariot à une tige assez élevée pour permettre la manœuvre d'un levier, lequel en basculant, fait abaisser le cône de $0^m,25$ à $0^m,30$. Cette manœuvre ouvre sur le pourtour du wagon, une voie, par laquelle, la charge s'écoule également de tous côtés, vers les parois d'où elle est répartie au centre de la cuve.

Nous ne nous étendrons pas d'avantage sur les appareils de chargement qui doivent se concilier avec ceux de prise des gaz et de fermeture des gueulards. L'objectif est d'arriver à la plus grande simplicité comme entretien et réparation des appareils, en écartant tous les accessoires inutiles qui ne peuvent qu'embarrasser et encombrer le gueulard quand ils se présentent avec un agencement formidable d'armatures, de supports et de leviers, comme ont fait certains ingénieurs qui ont employé des systèmes beaucoup trop compliqués. En matière de hauts-fourneaux, tout ce qui peut être simplifié et demeurer à peu près *inusable*, doit être étudié à fond et sans recherche du superflu, si l'on se dit qu'il ne faut rien vouloir en pareil cas qui puisse exiger de la précision au point de vue des ajustements et des assemblages.

Écoulement des laitiers. — Dans les hauts-fourneaux actuels, le laitier s'écoule quand son niveau dépasse la partie supérieure de la dame, ou l'atteint à peu près au niveau du *chio*. Pour que cela ait lieu, il faut qu'il remplisse l'avant-creuset, entre la tympe et la dame; et alors que son niveau dépasse celui qu'il occupe dans l'ouvrage, il est bon qu'il équilibre sensiblement la pression du vent, laquelle ne saurait être augmentée, sans provoquer une projection de matières et de flammes hors de l'avant-creuset. Un métallurgiste allemand a eu l'idée de supprimer l'avant-creuset, proprement dit, et de prolonger la paroi antérieure de l'ouvrage jusqu'au fond du creuset, en un mot, de confondre l'ouvrage et le creuset. L'écoulement du laitier peut avoir lieu ainsi par une espèce de buse en fonte, garnie de terre, placée au plan utile du côté opposé à celui où se fait la coulée. Cette ouverture entourée d'une circulation d'eau comme une tuyère et dont on peut régler l'écoulement, à l'aide d'un tampon ajusté à une tige en fer pour servir à en limiter la section, permet d'éviter tout le travail de l'avant-creuset, et de laisser le vent aux tuyères pendant les coulées. Le trou et la face de coulée sont entretenus comme il est fait ordinairement.

Dans les usines à production importante, le décrassage des laitiers a été organisé en grand.

On a appliqué aux hauts-fourneaux du *Grand-Prieuré* un système de décrassage par wagon submergé qui évite de noyer les laitiers à mesure de l'enlèvement du haut-fourneau, pour avoir à les charger ensuite.

Le matériel est disposé économiquement et son entretien presque nul, toutes les parties qui le composent, étant inondées en même temps, quand les wagons passent dans l'eau.

Deux wagonnets en tôle, munis d'une pelle et de deux crochets suffisent pour décrasser un fourneau pouvant produire 40 à 50 tonnes par jour. Les wagons sont établis très-légèrement, à avant-train en bois ou en fer.

Pour une production journalière de 50 tonnes, ce système exige seulement 6 ouvriers à 3 francs, plus deux chevaux à 7 francs, soit 32 francs par jour, alors que par l'ancien système de chargement sur tombereau, on dépensait 63 francs pour le même service. De plus, le terrain nécessaire à l'établissement du décrassage mécanique n'a plus exigé que le huitième de la surface occupée par l'ancien système.

Ce procédé repose sur l'extinction des laitiers par l'eau. Il est plus pratique et plus expéditif, puisqu'il consiste à immerger le wagonnet tout entier avec sa charge dans une citerne, au lieu de répandre le laitier dans l'eau d'où on le retire à grands frais, sous forme de matières divisées.

Pour que le système dont nous parlons, soit aussi complet que possible, il convient qu'il coïncide avec le mode d'écoulement des lai-

tiers à la rustine, tel que nous venons de le décrire et qui, inventé par l'ingénieur allemand Luhmann a été appliqué aux usines du Grand-Prieuré.

Un autre procédé, consistant aussi à diviser les laitiers par l'eau a été appliqué aux fourneaux d'Osnabruch, en Allemagne. Les laitiers, traités à peu près suivant les données de la fabrication du plomb de chasse, sont projetés d'une certaine hauteur, dans un bassin rempli d'eau, alors qu'ils sont encore à une température élevée. En tombant dans l'eau, ils se trouvent divisés et réduits en petits grains.

Nous avons appliqué à Marquise, en employant des pompes d'arrosage, l'extinction des laitiers qui devenaient friables et faciles à se diviser, par l'exposition à l'air. On s'en servait dans cet état, comme correctif, pour la culture des terrains en terres fortes, exploités par l'usine, en vue des 100 à 150 chevaux nécessaires aux divers transports de l'exploitation, alors que le chemin de fer de Boulogne à Calais, n'existait pas encore.

Nous avons également employé des wagonnets à plaques de fonte assemblées, recevant le laitier à sa sortie du fourneau et le transportant aux extrémités de l'usine où il était déchargé sous forme de masses cubiques qu'on entassait en ordre pour maintenir des terres ou pour former des clôtures.

Dans d'autres exploitations, on installe près du fourneau un ou plusieurs grands trous évasés, au centre desquels on place une tringle de fer à anneau. Les laitiers s'écoulent dans ces trous où on les laisse se figer. Puis des chevaux attelés extirpent et enlèvent les masses qui sont portées et brisées plus loin, à mesure qu'elles sont refroidies. Ces procédés, quels qu'ils soient, dépendent de la situation des usines et des emplacements dont elles peuvent disposer.

Il y a des usines où les laitiers deviennent, faute de place, pour les décharger à distance économique, une véritable plaie, sans compter la dépense et la déperdition des terrains sur lesquels on les entasse.

A Marquise, alors qu'on ne pouvait s'en débarrasser par les chemins de fer comme ballast, remblais, etc., on a dû acheter à prix élevés des terrains pour y tasser les laitiers des hauts-fourneaux et des cubilots. Ces laitiers étalés et nivelés par de pauvres familles auxquelles on donnait la faculté de recueillir les escarbilles, rendaient des fontes en grenailles que l'usine prenait a raison de 0,02 à 0,03 centimes par kilogramme. Il fallait une grande surveillance pour empêcher que ces débris fussent additionnés avec ceux qu'on pouvait ramasser sur les parcs de l'usine, comme auprès des fourneaux et des cubilots.

On peut noter encore les procédés *Minary*, pour le décrassage des. laitiers, dans le but de les faire servir a la culture et à des fabrications de ciment ou de mortier.

Les laitiers à leur sortie du fourneau sont conduits par un chenal dans une cuvette de fonte qui reçoit un courant d'eau froide, constamment renouvelé. Ainsi submergés, puis surnageant, ils traversent une nappe d'eau d'une certaine étendue qui achève de les refroidir et de les diviser. Ils tombent de là dans un réservoir d'où une chaine à godets les extrait pour les verser dans des wagons qui les enlèvent. Les hauts-fourneaux construits par M. Minary, à Fraisans et ailleurs possèdent des installations de ce genre.

Nous reviendrons sur ces questions, dans un chapitre spécial traitant de l'utilisation des scories et autres matières dites *improductives*, résultant de l'exploitation des fonderies.

Parties accessoires des hauts-fournaux. — On a cherché à perfectionner les tuyères, les tympes, ou autres parties se rattachant à la construction des hauts-fourneaux et ayant une certaine importance, comme détails.

Des essais ont été tentés, pour entourer d'une circulation d'eau les parties extérieures du creuset, dans quelques hauts-fourneaux. Ils n'ont pas toujours réussi. A Fraisans, M. Minary avait agencé un système de refroidissement par l'eau installé entre les briques du creuset et l'enveloppe en fonte recouvrant ces briques. Il a dû renoncer à ce système et faire une enveloppe double en fonte, le creuset étant entouré d'une série de bâches, où l'eau se renouvelait constamment. Ailleurs, on a essayé une disposition particulière de tympe et de tacret dite de *Buttgenbach*. Ce système ferme la poitrine du fourneau par une enveloppe de fonte creuse que vient refroidir un courant d'eau emprisonnant un serpentin en fer pris dans la fonte. Au milieu, se trouve une ouverture de 20 millimètres de largeur régnant sur presque toute la hauteur. Le tuyau rafraîchisseur se trouve appuyé contre cette fente qui est bouchée avec de l'argile.

En dehors des tuyères à enveloppe et des tuyères à serpentin, beaucoup d'usines ont conservé les tuyères en cuivre rouge, de *Pertat* et *Sauvage*, de Joinville (Haute-Marne). Ces tuyères peuvent résister pendant plus de deux ans sans la moindre altération. Construites en cuivre rouge pur sans aucun alliage, elles sont embouties et martelées; leur résistance est beaucoup plus grande que celle des tuyères fondues.

Le gros bout de ces tuyères, en cuivre platiné, peut se démonter pour permettre le nettoyage facile à l'intérieur. Un tube injecteur vient dégorger l'eau au museau même de la tuyère et rend la partie engagée dans le feu aussi refroidie qu'il est nécessaire. Aucune fuite n'est à craindre dans le creuset et par suite aucun refroidissement.

Les tuyères Pertat et Sauvage se font depuis $0^m,40$ à $1^m,30$ de longueur et $0^m,070$ à $0^m,150$ d'ouverture au museau. Une tuyère pèse entre 30 et 100 kilogrammes, suivant sa grandeur.

Le prix est de 4 fr. 40 à 5 francs par kilogramme, suivant le cours du cuivre. Les museaux, en cas d'accident, peuvent être réparés plusieurs fois, moyennant une dépense qui ne dépasse pas 40 à 50 francs.

Pression du vent. — Avec les dimensions plus grandes données aujourd'hui aux hauts-fourneaux, il faut disposer d'un volume d'air suffisant pour brûler le combustible. Par conséquent, il y a lieu d'avoir recours aux moyens suivants :

Augmenter la densité de l'air lancé ;

Donner une section plus considérable aux orifices par lesquels l'air entre dans le fourneau, ou tout au moins augmenter le nombre des tuyères et le nombre des buses.

La pression du vent ne peut être augmentée indéfiniment sans porter préjudice au travail de la fonte. Si le combustible est compact et très riche en carbone, il se peut que la pression puisse être poussée jusqu'à 0,20 ou 0,25 de mercure. Si le charbon est friable, léger et peu carboné, une pression de 0,090 à 0,120 est suffisante.

Naturellement, la tension de l'air doit croître en raison de l'agrandissement de l'ouvrage et du creuset. Malheureusement, beaucoup de machines soufflantes sont devenues trop faibles, et la pression du vent est insuffisante pour atteindre les matières éloignées des tuyères, dans un creuset agrandi. La combustion reste imparfaite, la température demeure trop basse et le produit n'est pas en rapport avec la capacité du fourneau. De là, l'augmentation du nombre des tuyères portée aussi loin que possible, dans les usines où l'on dispose de souffleries puissantes. Et cependant, l'exagération de la quantité de tuyères est mauvaise. En multipliant les buses, la pression diminuant par chacune d'elles, le vent pénètre moins profondément dans le fourneau, et la combustion à une certaine distance s'opère assez mal pour que la dépense du combustible ne soit plus en rapport avec l'importance de la production.

Certains fourneaux, marchant en fonte à moulages, en Écosse et en Angleterre, ont jusque dix buses soufflantes, trois sur les côtés, autant à la rustine et une à la tympe. En Amérique, on a dépassé ce nombre. Aucun fourneau, en Écosse, n'a moins de quatre tuyères. A *Dundyvan*, les fourneaux en ont cinq ; à *Garstherrie*, cinq ou six ; à *Gowan*, huit. Tous ces fourneaux ne travaillent pas dans des conditions strictement économiques, au point de vue de l'emploi du combustible.

De larges buses, avec une pression proportionnée, ni trop coniques, ni trop convergentes, donneront un vent dense et concentré, pénétrant la masse des matières en son entier. La forme trop conique a pour effet de consommer souvent une grande quantité de combustible et de brûler les tuyères.

La longueur et le diamètre des buses ne sont pas sans importance.

Si la tuyère change, la buse varie de longueur. Plus courte, elle augmente la divergence du vent ; plus longue, elle la diminue et le courant est plus concentré. Pour modifier la distance entre la conduite d'air et la tuyère, on doit préférer les buses télescopiques, à frottement, marchant sur alésage et donnant une fermeture hermétique.

Les buses doivent être d'autant moins évasées que le creuset est plus grand. Les buses à double tube donnent un vent central qui, conservant sa densité, alimentera les matières dans l'axe du creuset, tandis que le vent annulaire, d'une densité moindre brûlera, en se répandant latéralement, les charbons qui se trouvent les plus rapprochés des parois.

Matériaux réfractaires employés dans la construction des Fourneaux.

Les ouvrages, creusets et avant-creusets de la plupart des hauts-fourneaux, à l'exception des petits appareils au charbon de bois, pour lesquels on emploie le sable et la brique, à peu près exclusivement, sont montés en pierres réfractaires, tirées du sol de la France, en même temps que de la Belgique et de l'Angleterre.

Les hauts-fourneaux de la Bretagne, du Maine et de la Normandie, emploient des pierres de grès, extraites à la roche de *Soucelles*, près d'Angers. Les carriers du pays vendent ces pierres, mises en bateau à Soucelles, par blocs de 1^{m},30 à 1^{m},60 de longueur, 0^{m},70 à 0^{m},80 de largeur, et 0^{m},50 à 0^{m},60 d'épaisseur, au prix de 21 à 25 francs par bloc, suivant les dimensions.

Les petites pierres de remplissage et d'étalages, de 0^{m},45 à 0^{m},50 sur 0^{m},22 à 0^{m},25 d'épaisseur, valent 3 à 5 francs pièce, dégrossies et mises à peu près au carré.

Les hauts-fourneaux de *Vaublanc* (Côtes-du-Nord), de *Moisdon*, de *Pouancé*, dans l'Anjou ; divers fourneaux de Bretagne, *Trédion*, *Lanvaux*, etc. ; d'autres, de la Sarthe, *Antoigné*, *Cordé*, etc. ; et aussi un certain nombre d'usines du Périgord, entre autres les hauts-fourneaux de *Ruelle*, ont employé ces pierres.

Un montage de fourneau, de la sole au tiers des étalages, en pierres de *Glocester* et en briques, pour compléter les étalages, rentrait à Marquise dans les conditions qui suivent :

64 pierres de diverses grandeurs, ébauchées, sur tracé, cubant entre elles environ 1.940 pieds cubes anglais, à 1 sch. le pied cube.	2.450 fr.	00
200 briques fortes de 20 à 22 pouces anglais de queue, 0,10 épaisseur.	360	00
Façon supplémentaire et gabarits pour taille de pierres.	105	00
Voiture pour amener les pierres de la carrière au canal, transport à *Glocester*, embarquement pour *Boulogne-sur-Mer*, etc	1.750	00
Plus, commission 5 p. 0/0	4.665 fr.	00

Ces pierres, qui sont des grès houillers gris, à grain fin, sont assez réfractaires, mais susceptibles d'éclater au feu.

Dans ces conditions, les pierres du creuset revenaient à Boulogne, sur la base de 180 à 200 francs le mètre cube, en raison de leurs grandes dimensions, celles de l'ouvrage et à la naissance des étalages, entre 110 et 120 francs le mètre cube, tous frais payés.

Les hauts-fourneaux de Montluçon et de Commentry, de même que les usines du Cher, de la Nièvre et de l'Allier, emploient des pierres du *Montot-aux-Moines*, ou prises à la *Grave*, près du village de *Vallon*, sur les bords du Cher. On fait les creusets, en pierres de petit appareil, parce que les gros blocs ne sont pas toujours d'un grain régulier et qu'on est obligé, à l'exploitation, d'en éliminer de fortes parties.

Un creuset pour fourneau en fontes à moulage, dure vingt mois ou deux ans au plus, sans être par trop endommagé. Après ce temps, si l'on met le fourneau en fonte d'affinage, il peut durer, à la rigueur, encore deux ou trois ans.

Les pierres de la Grave sont rendues au bord du canal du Berry, qui passe à un kilomètre de la carrière. Un creuset tout taillé vaut, mis en bateau, 1,200 à 1,300 francs. Son poids complet, avec l'ouvrage, pour un haut-fourneau de 12 à 14 mètres, est de 23 à 24,000 kilogrammes.

Le transport par les canaux jusqu'à Paris, se tient entre 25 et 30 francs la tonne; jusqu'à Nantes, entre 17 et 20 francs.

Un creuset complet de pierres du Creusot, de grandes dimensions, pour fourneau au coke, tel que ceux de Marquise, coûte, pris sur place :

26 pierres formant environ 27 mètres cubes et pesant 72.625 kilogrammes, à 60 fr. le mètre.	1.620 fr.	00

A quoi les usines de Marquise devaient ajouter :

Transport de 72,625 kilogrammes, par canal, jusqu'à Paris, à raison de 25 fr. par tonne	1.815	60
Transport de Paris à Boulogne-sur-Mer, 10 fr. par tonne..	726	25
Transport de Boulogne à l'usine et faux frais divers, à 5 fr. par tonne.	363	10
	4.524 fr.	95

Ce qui est sensiblement le même prix que les mêmes assortiments pris à Dundley et rendus à Boulogne, ainsi qu'il est dit plus haut.

Les pierres de *Hüy* coûtaient à peu près l'équivalent, rendues à l'usine. On avait dû y renoncer, ces pierres, agglomérées sous forme de poudingues, par des rognons de quartz mêlés dans le schiste micacé, se divisant et éclatant fortement, même au séchage. On ne les employait plus que pour former les tables de soles ; elles étaient en cet état, d'un excellent usage.

Les pierres du Creusot, qui sont des grès du trias, et que nous avons employées à Marquise, servent au montage des creusets dans les usines de la Compagnie de Commentry, à l'usine de Givors, et tout naturellement à l'établissement du Creusot.

Les usines de la Moselle, du Cher, de la Franche-Comté et de l'Yonne où l'on trouve les hauts-fourneaux de *Châtillon* et de *Sainte-Colombe*, dépendant de la Société de Commentry, emploient des pierres du banc inférieur de la grande oolithe. Les fourneaux des Landes se servent des grès du terrain triasique provenant des environs d'Orthez. Les usines des Pyrénées, de granits et de calcaires de transition cristallisés. En somme, que les usines prennent leurs creusets en France, en Belgique ou en Angleterre, on recherche partout les grès houillers, les grès triasiques, les granits, les quartzites et les calcaires du terrain jurassique.

Suivant des analyses de Mène, les grès du Creusot et ceux de Marsillon contiendraient 91,20 de silice, les pierres de Hüy, 89,00.

La grande oolithe se composerait de :

Silice	9 à 13	p. 0/0.
Alumine	4 à 7	—
Chaux	53 à 55	—
Acide carbonique	42 à 43	—

En réalité, ces résultats ne sont pas suffisants, comme valeur pratique. C'est à l'user, et par expérience qu'il faut juger les matériaux réfractaires, qui sont des produits du sol. Pour les pierres, il y a lieu à les admettre telles que la nature nous les donne, et après en avoir étudié les qualités et les imperfections. Pour les briques, qui résultent de combinaisons relevant de l'industrie, il est plus facile, l'expérience aidant, d'arriver à la meilleure composition, suivant l'emploi auquel elles sont soumises.

A l'usine n° 1 de Marquise, en 1851, une cuve du fourneau n° 1, sauf les quinze dernières assises supérieures, composées de briques de Saint-Omer, comprenait 1,061 briques d'Andenne, pesant ensemble :

30,425 kilogrammes à 25 fr. les 1.000 kilogrammes, soit	760 fr.	60
Plus, frais et frêt de Charleroi à Bruxelles, ...	269	32
— — de Bruxelles à Guines	438	00
Transport par voitures de Guines à l'usine et déchargement	99	00
Ensemble	1.566 fr.	92

Soit 52 fr. par 1,000 kilogrammes.

On trouvera à la planche 6, figure 20 (*A* à *H*) le tracé des appareils du fourneau dont nous parlons.

Les briques rouges ordinaires de construction, se faisaient en place, à Marquise, sur la base de 9 francs par mille briques, payées à un entrepreneur, et 0,75 centimes de plus pour défournement et mise en tas hors chantier. En outre, l'usine fournissait le combustible. L'entrepreneur payait aux mouleurs 80 centimes par 1,000 briques ; au batteur de terre, 60 centimes ; au brouetteur, 50 centimes ; au releveur en place, 50 centimes; au porteur en place, 30 centimes. Le cuiseur et le tireur de terre étaient occupés à la journée. Un mouleur actif peut faire entre 5 et 6,000 briques par journée de onze heures, quand le temps est beau. Mais il ne faut guère compter que sur une moyenne de 4,500. Chaque fourneau contenait 140 à 150,000 briques, et demandait sept jours de cuisson. On usait 30 à 40 hectolitres de houille maigre d'Hardinghen. Chaque four donnait environ 20 à 25 p. 0/0 de *crapauds*, ou de briques incuites, celles qui sont sur les parois extérieures des fourneaux. On les employait à des travaux intérieurs ou à des remplissages.

A Tergnier, où pendant plusieurs années, nous avons employé un entrepreneur belge, venant avec sa famille s'installer pour toute la campagne, nous lui donnions 9 francs pour tous frais, par 1,000 briques ; il fournissait son charbon, et la fonderie n'avait à sa charge que la fourniture de la terre et celle de quelques voitures de vieux sable brûlé, pour les besoins des chantiers de moulage.

Si l'entrepreneur fabriquait des briques pour son compte, il nous remettait de 2 à 3 francs par 1,000 briques pour emploi de terre et location du terrain.

Quand on cuit par fourneaux entre quatre murs le déchet des briques mal cuites et défectueuses est sensiblement diminué, mais, on ne dépense pas moins de charbon. Les bonnes briques se vendent, à prendre sur place, entre 13 et 15 francs le mille. Les briques incuites, 9 à 10 francs et les briques défectueuses ou cassées, 4 à 6 francs.

En Belgique, les prix des briques réfractaires varient beaucoup. Celles qui sont les plus recherchées comme qualité exceptionnelle, pour usines à gaz et fonderies, valent entre 40 et 60 francs les 1,000 kilogrammes. Les briques de Saint-Ghislain, près de Mons, se vendent jusqu'à

65 à 70 francs la tonne, les droits d'entrée en France non compris, ni le transport. Quatre cents briques des dimensions usuelles, soit : 22 centimètres, 11 centimètres et 5 centimètres, fournissent environ une tonne. La briqueterie de Saint-Ghislain entreprenait toutes pièces réfractaires sur commande et tracés, gabarits à la charge de l'acheteur, au prix de 60 francs par tonne, pris à l'usine. Nous ne pensons pas que ces conditions aient été beaucoup modifiées.

Les argiles ou terres d'*Andenne*, province de Namur, donnent des briques de diverses sortes, les unes de première qualité et de prix assez élevé; les autres, moins réfractaires, utilisées pour le montage et la réparation des cuves et des chemises de hauts-fourneaux. L'argile de *Tahier*, dans la même contrée, appelée *terre forte*, donne, comme solidité et résistance, les meilleures briques. Elle contient jusqu'à 56 p. 0/0 de silice, alors que la terre d'Andenne n'en contient que 53 p. 0/0, d'après les analyses de l'École des mines de Paris.

Le sable blanc quartzeux, fin, qui avoisine les exploitations d'argile, est employé profitablement dans la fabrication des briques.

En France, on trouve de bonnes terres réfractaires, aux environs de Montereau, à Gisors, à Uzès, à Provins, etc.

Quelques usines produisent des briques de qualité recherchée, entre autres, celles de Muller et Cie, à Ivry; de Dalifol, à Paris; de Barthe, à Vierzon, etc.

Les meilleures briques anglaises, sont celles de Stourbridge; on trouve encore des établissements renommés, par la bonne qualité de leurs produits, dans le Devonshire, dans le comté de Shrop et dans le pays de Galles. Les terres du Devonshire, contiennent 49 p. 0/0 de silice et 39 p. 0/0 d'alumine. Celles de de Stonrbrige, 46 et 52 p. 0/0, celles du comté de Shrop, 70 p. 0/0.

En France, les argiles réfractaires recherchées, sont celles de :

Forges (Seine-Inférieure,	accusant :	silice	65	parties,	alumine,	24	parties.
Salavas (Haute-Loire),	—	—	65	—	—	25	—
Dreux Eure-et-Loire),	—	—	52	—	—	40	—
Montereau (Yonne),	—	—	64	—	—	24	—
Mont-Cenis (Saône-et-Loire),	—	—	55	—	—	45	—

Les compositions de pâtes pour briques, admettent en général, à des proportions variables :

Des débris de briques ou de produits réfractaires broyés;

Du quartz calciné et broyé;

De l'argile réfractaire;

Du sable siliceux, ou des cailloux reduits en poudre et même du coke épuré.

Enfin, des terres spéciales, qu'on fait venir à grands frais, quelquefois, pour donner aux mélanges la plus grande résistance possible.

Les sables, s'allient surtout avec les argiles très alumineuses, qui résistent bien à l'action des fondants. Les débris broyés à employer comme ciment, peuvent être introduits dans les mélanges, en proportions d'autant plus grandes qu'ils sont plus réfractaires. Si les pâtes sont destinées à des briques réfractaires, non susceptibles d'être exposées à une température intense, on peut admettre, dans une certaine proportion, des débris de briques ordinaires quelconques, quand ces briques ont été faites avec des terres alumineuses et des sables.

Les fourneaux de la Haute-Marne et de la Meuse, prennent en partie leurs briques réfractaires dans le pays et notamment, à Epernay, où nous avons connu une fabrique donnant d'excellents produits, mais d'un prix élevé; d'autres usines font confectionner sur place, les briques nécessaires à la construction des ouvrages. Les compositions recherchées, admettent les mélanges que nous avons cités page 143, et qui emploient des produits locaux assez estimés.

Les briques, résultant de ces compositions, sont destinées à la construction des cuves, à celle des galeries pour les gaz, et à tous autres usages, où la destruction par le feu, n'est pas immédiatement à redouter.

L'argile de Villers-en-Trodes, est très réfractaire; celle du Vert-Bois l'est moins que la précédente. Le sable de Gironcourt est à grès très fin, qui lié, avec une argile réfractaire, donne un bon résultat pour des briques d'un usage ordinaire.

Le haut-fourneau de Dammarie, dans la Meuse, employait dans le temps, des briques réfractaires, dont la formule était :

8 parties de cailloux blancs, *étonnés* et réduits en poudre ;

1 partie de terre de Villers-en-Trodes;

5 parties de ciment cuit et pulvérisé, provenant de vieilles briques.

Les briques, provenant de ce mélange, bien broyé et malaxé, avec aussi peu d'eau que possible, étaient séchées d'abord à l'air, puis, mises au four où elles subissaient un feu doux, les desséchant complètement, sans les amener au rouge.

A Marquise, nous faisions établir par la fabrique Fiolet, de Saint-Omer, des briques réfractaires pour usage courant, composées de :

6/10 terre à pipes, argile blanche, alumineuse calcaire ;

3/10 anciennes briques pulvérisées;

1/10 sable blanc, fin, quartzeux.

Ces briques étaient employées dans les cubilots, aux foyers des étuves et des chaudières et dans les parties des hauts-fourneaux, par exemple, celles avoisinant le gueulard où elles ne pouvaient risquer d'être détruites par un excès de température.

Données descriptives et renseignements pratiques sur le roulement de quelques hauts-fourneaux à moulage.

Les pages qui suivent, sont un relevé de notes, prises çà et là dans les usines que nous avons visitées, ou empruntées à diverses publications. Nous les croyons utiles à consulter au double point de vue des renseignements techniques et des données économiques qu'elles renferment :

Hauts-fourneaux de la fonderie de Ruelle, Charente. — Nous avons donné précédemment les dimensions principales des deux hauts-fourneaux. Les pierres d'ouvrage, pour le montage du creuset et de l'ouvrage de ces fourneaux, sont des grès, mêlés de silice, de Saint-Crépin (Dordogne). Un ouvrage, coûtant 450 à 500 francs, pris à Saint-Crépin, dure un ou deux ans, sans altération plus sensible, que celle remarquée après deux ou trois mois de roulement.

On fait par vingt-quatre heures une seule coulée, fournissant 3,300 à 3,500 kilogrammes, de bonne fonte grise, très résistante, coulée en sapots pour la fabrication des canons.

Les minerais, employés en 1858, étaient des minerais dits *du Périgord*, extraits en partie dans un rayon de 12 à 15 kilomètres, autour de l'usine, dans les communes de Grosbot, Guillot, Franzac, Taponat et Montmoreau.

Les charges habituelles pour la bonne fonte à canon, sont composées de 0,60 minerai Grosbot, 0,20 minerai Guillot, 0,20 minerai Taponat. Quand on emploie les minerais de Montmoreau ou ceux de Franzac, on met 0,10 de chacun de ces minerais, en supprimant même quantité de mine Guillot. La moyenne de ces minerais rend 40 à 41 p. 0/0. (Voir page 18.)

La charge habituelle est composée de. . .	170	kilog. de charbon de bois.
— — —	305	kilog. de minerais ci-dessus.
— — —	65	kilog. de castine.

Les minerais sont lavés et bocardés. Nous avons décrit plus haut le système employé.

Le travail de l'ouvrage est très facile. On tient généralement la qualité de la fonte, vers le gris serré à larges grains, avec arrachements en aiguilles.

Les laitiers sont purs, noirs, parfaitement vitreux et légèrement transparents en bonne marche. Quand on a des coulées de fonte blanche

ces fontes sont soigneusement triées et mises au rebut, pour être vendues au commerce, l'artillerie de marine n'en ayant pas l'emploi.

Il y a, à Ruelle, six fours à réverbère, dont quatre pouvant contenir environ 6 à 8,000 kilogrammes, les deux autres 2,000 à 2,500 kilogrammes. Dans ces derniers, la fusion a lieu en une heure et demie avec 800 kilogrammes de houille et l'on retire en tout 12 à 15 kilogrammes de carcas.

Le fourneau de Combiers, voisin de celui de Ruelle, également aux environs d'Angoulême, et dont nous avons donné aussi les dimensions générales (fig. 8, pl. 6), est construit avec massif à base carrée, en pierres de taille, armé et consolidé comme les anciens fourneaux. Il est garni, à l'intérieur, de même que les fourneaux de Ruelle, d'une chemise en briques et d'un ouvrage en grès.

Les minerais employés, proviennent des environs de Charras. Ils sont lavés et cassés; la mine lavée coûte environ 16 francs par tonne, comprenant le cassage pour 0 fr. 20. Le droit d'extraction est tarifé sur la base de 1 fr. 50 à 2 francs.

Les minerais rendent en moyenne, 34 p. 0/0. Les charges sont à peu près les mêmes qu'à Ruelle; on emploie beaucoup plus de castine, et jusqu'à près de moitié du volume de minerai.

Le stère de bois dur rend en charbon environ 75 kilogrammes.

Il coûte comme achat de bois	5 fr. 50
Plus, frais de carbonisation	0 35
Transport à l'usine.	0 75
	6 fr. 60

Soit 83 francs par tonne de charbon.

Le haut-fourneau marchant six mois, dépense par mois, pour une production de 70,000 kilogrammes environ en fonte grise :

Matières.	Charbon, 88,000 kilogrammes environ, à 83 fr.	7.424 fr. 00
	Minerai, 180,000 kilogrammes environ, à 16 fr.	2.880 00
	Castine, 37,000 kilogrammes environ, à 3 fr.	111 00
Main-d'œuvre : ouvriers		420 00
Frais généraux, 22,000 fr. par an, en comptant six mois de roulement.		3.660 00
		14.495 fr. 00

La fonte coûterait 210 francs la tonne.

Soit avec les menues dépenses et faux frais entre 215 et 220 francs. Ce prix fort élevé, ne peut s'accorder qu'avec une qualité exceptionnelle de fonte trouvant un écoulement à peu près rémunérateur dans le pays même.

Haut-fourneau de Tusey (Meuse). Les dimensions de ce fourneau (fig. 1, pl. 7), ont été données plus haut. La cuve et les étalages étaient généralement construits en briques réfractaires, fabriquées dans le pays. Le creuset et l'ouvrage en sable de Rosières ou d'Hévillers, mélangé avec 1/6 de cailloux de la Moselle, concassés et broyés.

Aux mises en feu, sauf peu de variations, on suivait la marche suivante :

Séchage doux sur une grille ou dans un petit fourneau à réverbère appliqué devant le creuset, pendant quatre à huit jours. On employait du bois et de la tourbe. Dans les dernières vingt-quatre heures avant l'emplissage, 5 à 600 kilog. de houille.

Emplissage avec 200 rasses de charbon, formant environ 180 hectolitres. Grilles pendant deux ou trois jours ; puis, charges en minerai et charbons disposées pour porter successivement :

Les 40 premières	charges	de 4 à 7 bacs	de minerai.
Les 40 suivantes	—	de 7 à 8 bacs	—
Les 40 —	—	de 8 à 10 bacs	—

avec augmentation progressive arrivant à la charge normale dans un délai de huit à quinze jours, suivant l'allure.

La grande roue hydraulique de Tusey (voir pl. 4), prenant l'eau en dessus, en fer, fonte et bois, a coûté 5,800 francs.

La disposition spéciale pour l'installation de la machine oscillante Cavé, avec sa chaudière a coûté :

Achat de la machine.	8.863 fr.	52
— de la chaudière	4.244	00
Dépenses d'installation de la machine, cylindre soufflant, transmission, fosse, fondation, etc	7.122	00
Dépenses d'installation de la chaudière, fourneau, foyer, grille, etc.	2.148	00
	22.377 fr.	52

Le prix de la fonte de première fusion au creuset pouvait être établi à Tusey vers l'année 1855-56 sur les bases suivantes :

CONSOMMATION :

6.348 hectolit. de charbon de bois, à 1 fr. 425.	90.459 fr.	00
147.459 kilog. de coke, à 53 fr. 08.	7.827	12
20.030 kilog. de minerai, à 15 fr. 342	307	30
3.021.200 kilog. de minerai, à 10 fr. 691. . .	32.299	65
60.000 kilog. sable d'ouvrage, à 9 fr. 50. . .	570	00
3.000 kilog. de houille, à 41 fr. 45.	124	35
	131.587 fr.	71

Frais divers :

Gérance, impositions, assurances, frais de bureaux et autres frais répartis.	5.000 fr.	00
Intérêt à 6 p. 0/0 sur 250.000 fr.	15.000	00
Main-d'œuvre, ouvriers du fourneau	5.281	00
Main-d'œuvre, forgerons, surveillants, etc., à appliquer au service du fourneau.	3.740	00
	29.021 fr.	00

La tonne de fonte de première fusion au creuset, revient à 128 fr. 76, qu'on peut décomposer ainsi :

Charbon, 51 hect. 06 à 1 fr. 427	72 fr.	86
Coke, 119 hect. à 53 fr. 08.	6	31
Minerais, 2.448 hect., pour.	26	24
Frais généraux et main-d'œuvre	23	35
	128 fr.	76

PRODUCTION :

Moulages.	572.720 fr.	00
Saumons gris. . . .	222.461	00
Saumons blancs et bocages	447.568	00
	1.242.749 fr.	00

Prix de revient des Saumons gris :

En magasin, au commencement de l'exercice, 79.365 kilog. à 117 fr. 60 c. — 9.333 fr. 30 c.
Produit de l'exercice, 222.461 à 129 30 — 28.764 20
Acheté à divers . . 9.670 pour 1.208 75
311.496 — 39.306 25

Soit, 126 fr. 185 par tonne.

Prix de revient des Saumons blancs et bocages :

En magasin, au commencement de l'exercice, 124.624 kilog. à 118 fr. 96 c. — 14.826 fr. 27 c.
Produit de l'exercice, 447.568 à 129 30 — 57.870 54
Acheté à divers . . 47.986 pour 5.258 60
620.178 kilog. 77.955 41

Soit, 125 fr. 80 par tonne.

Ce n'est pas une bonne marche, indiquant que le fourneau ait fonctionné convenablement. On a produit beaucoup trop de gueuses et surtout de fontes blanches et de bocages, eu égard à la quantité de moulages

en recette, laquelle n'atteint pas la moitié du chiffre de production. C'est en opérant ainsi que le plus grand nombre des hauts-fourneaux à moulage s'aperçoivent qu'il est plus intéressant de produire des fontes grises en gueuses ou mieux encore, d'en acheter pour fabriquer les moulages en deuxième fusion. On remarquera que l'allure ci-dessus admettait, dans les charges, une petite proportion de coke à un prix relativement très élevé, étant comparé aux prix actuels.

Il est intéressant de faire suivre les chiffres qui précèdent, de ceux qui établissent le prix de revient de la fonte de deuxième fusion au creuset.

CONSOMMATION :

	kil.	fr.		fr.	
Fonte anglaise	663	à 210 26	=	139 40	149.201 fr. 09
— Clos-Mortier. . . .	42.549	140 31	=	6.012 61	
— saumon gris de Tusey.	305.898	126.185	=	38.599 74	
— saumons blancs et bocages de Tusey	831.737	125 70	=	104.549 34	
Ensemble. . .	1.180.847 kilog.				
Coke.	233.529 k.	à 53 08		12.394 72	12.679 72
Sable d'ouvrage	30.000	9 50		285 00	
Main-d'œuvre, ouvriers du cubilot					1.550 70
			Total.		163.431 fr. 51

A déduire :

La valeur de 238.603 kilogrammes de bocages, jets et pièces manquées, à 125 fr. 70	29.992 39
Reste pour le prix de la fonte employée au moulage. . . .	133.439 fr. 12

PRODUCTION :

Moulages	864.210 kilog.
Bocages divers.	238.603
	1.102.813 kilog.
Déchets	78.034
Total égal à la consommation.	1.180.847 kilog.

La tonne de fonte employée au moulage, revient au creuset à 154 fr. 52.

Le déchet de refonte est de 66 kil. par 1,000 kil.

La consommation de coke de 211 kilog. 75 par 1,000 kil. de fonte passée au cubilot.

DÉPENSES GÉNÉRALES

Diverses	Profits et pertes divers	3.655 fr.		87.610 fr. 20
	Intérêts de capitaux	16.128	00	
	Pertes	12.455	94	
	Matériel, dépenses de	25.271	83	
	Frais généraux	30.990	25	
Matières et approvisionnements	Sables de moulages, exclusivement 596.250 kilog., à 9 fr. 50	5.664	37	17.972 01
	Dépenses diverses et menus approvisionnements	4.485	89	
	Charbon de bois à divers emplois, étuves, etc., 1,439 hectolitres à 1 fr. 427	2.053	45	
	Coke à divers emplois, étuves etc., 25.184 kilogrammes à 53 fr. 08.	1.336	76	
	Houille à divers emplois, 106.913 kilog. à 41 fr. 45	4.431	54	
Main-d'œuvre	Frais de moulage (main-d'œuvre)	58.786	60	120.624 73
	Matériel, châssis, lanternes (main-d'œuvre)	6.494	22	
	Atelier de montage et forges	24.291	46	
	Main-d'œuvre et frais divers concernant la fabrication	31.052	45	
	TOTAL			226.106 fr. 94

Dont à déduire, les dépenses de main-d'œuvre, fonderie, moulage, ébarbage, etc.	58.786 60	89.552 08		120.123 78
Matériel	6.474 22			
Ateliers	24.291 26			
Les frais de main-d'œuvre portés :				
Au compte haut-fourneau	29.021 00	30.571 70		
Au compte cubilots	1.550 70			
Reste pour les frais généraux proprement dits				105.983 fr. 16

La production en moulages ayant été en première fusion	572.720 kilog.
— — — deuxième —	864.210
Ensemble	1.436.930 kilog.

Les frais généraux par tonne sont	73 fr. 75 environ.	Non compris les frais pour matériel et ateliers de construction qui sont payés par la plus-value des fontes moulées.
Tous frais de moulage, ébarbage, etc.	40 91 —	
La fonte au creuset du haut-fourneau et au cubilot, calculée d'après le produit ci-dessus, revient en moyenne à	144 47 —	
Le prix moyen de la fonte moulée est donc de	259 fr. 13	

En ce temps là, le prix moyen de vente se tenait entre 320 et 350 francs, par tonne;

Et la répartition des frais généraux, entre les diverses catégories de fontes marchandes fabriquées, pouvait être admise de la manière suivante :

	kilog.	par tonne			
Basses fontes : Tuyaux, colonnes et plaques.	488.123	à 15 fr.	=	7.321 fr.	85
Poterie, dite *marchandise creuse*.	143.788	70	=	10.065	16
Pièces de mécanique	562.486	95	=	53.436	17
Balcons, panneaux et pièces dites *d'ornement plat*	215.312	130	=	27.990	56
Statues et ornements en relief dits *à pièces de rapport*	33.211	220	=	7.306	42
	1.436.930	pour		106.120 fr.	16

Ces chiffres, on le comprend, peuvent varier suivant les moments et les lieux comme aussi dans une même usine. Nous les admettons ici pour jeter les bases des calculs du prix de revient dans les hauts-fourneaux et fonderies, et afin que nos lecteurs puissent se servir de ces éléments comme types de comparaison dans les calculs ou aperçus qu'ils seraient appelés à établir.

A la même époque, l'usine de *Joinville* (Haute-Marne), faisant partie de la Société Capitain, Rémond et Cie, et travaillant aussi en marchandises donnait les résultats suivants dans les hauts-fourneaux et cubilots de cette usine :

Fonte brute de première fusion 1,132,700 kilogrammes.

		mètres cubes		par tonne.
Combustible . . .	Charbon. . .	6.461 20 . .	91.714 fr. 58	89 fr. 25
	Coke cubilot.	133.116 00 . .	9.477 75	
Matériaux	Minerai . . .	1.721 30 . .	25.053 02	22 15
	Castine.		206 13	
Frais généraux . .	Montage et réparation du fourneau		905 68	14 85
	Entretien		948 09	
	Impôts, assurances, part de loyers		4.739 75	
	Régie centrale.		10.000 00	
	Salaire des ouvriers du fourneau.		3.628 36	4 75
	Enlèvement des laitiers.		1.589 35	
	Salaire des ouvriers du cubilot .		1.166 31	
	Total par tonne de fonte au creuset.			131 fr. 00

Le chiffre de la production en fontes marchandes s'élevant à 997,000 kilogrammes environ, il y a lieu d'ajouter, au prix ci-dessus, pour le compte de la fonte moulée :

				Par tonne.
Fabrication. . . .	Salaire des mouleurs, manœuvres, etc	18.899 fr.	93	18 fr. 25
	Salaire des burineurs et râpeurs.	5.462	94	
	Sables et main-d'œuvre.	2.112	61	9 20
	Étuves	1.643	78	
Frais généraux . .	Part de la régie centrale.	10.000	00	19 45
	Loyer (part), imposition, assurances, etc	9.479	40	
	Régie de l'usine.	3.325	55	
Menues matières .	Houille, bois, pour modèles, etc.	3.212	70	4 75
	Métaux, limes, outils, etc . . .	421	55	
	Graisses, huiles	346	65	
	Divers approvisionnements. . .	786	30	
Frais divers. . . .	Modeleur, charpentier, forgeron, etc.	3.930	95	6 05
	Entretien du matériel.	585	35	
	Divers.	1.187	95	
	Transports de fontes moulées sur place	773	25	
Total par tonne du prix de la fonte marchande				57 70
Report du total par tonne de la fonte au creuset				131 00
Total par tonne du prix de la fonte moulée				188 fr. 70

Ce prix est beaucoup moins élevé que celui de Tusey. Il faut dire que l'usine de Joinville avait alors comme fabrication principale, la poterie, les tuyaux de descente et quelques pièces de mécanique fort simples s'écoulant dans les environs.

L'usine de Tusey, éloignée des minerais, ayant autour d'elle des forêts, mais aussi la concurrence, pour les achats de bois, des nombreuses usines de la Haute-Marne, de la Meuse et de la Meurthe, avait en dehors de ses fabrications courantes, des travaux spéciaux entraînant des frais généraux importants. D'un autre côté, il y a eu des moments, en 1843 et 1844, par exemple, où la fonte au creuset du haut-fourneau, lui rentrait au prix fort élevé de 200 francs par tonne, soit :

7 m. c. 35 de charbon à 19 fr. 50.	143 fr.	30
1 m. c. 60 de minerai à 23 francs	37	95
Frais généraux	19	40
	200 fr.	65

Alors que les hauts-fournaux de *Bussy*, de *l'Abbaye d'Evaux*, de *Montiers-sur-Saulx*, etc., placés plus avantageusement au milieu des bois, des sables et des minerais, ayant une marche plus régulière de haut-fourneau, dépensaient en moyenne, par tonne de fonte au creuset :

5 m. c. 80 de charbon à 14 francs	81 fr. 20
1 m. c. 60 de minerai à 15 francs au maximum . . .	24 00
Et frais généraux, tout compris, au maximum	18 00
	123 fr. 20

En 1855-56, la production au haut-fourneau de Tusey avait pu être abaissée, comme prix de revient de la fonte au creuset, à 129 fr. 30. Dans le même temps, les usines voisines, mieux favorisées et chargées de fabrications plus simples et plus faciles, exigeant des fontes de moins bonne qualité que la production en fonte d'ornement, ne dépensaient pas plus de 112 à 115 francs par tonne de première fusion.

Diverses usines à moulages. — Au reste, le *Val d'Osne*, *Sommevoire* et autres usines suivant plus ou moins les fabrications de Tusey, n'ont jamais obtenu la fonte au creuset, sur des bases aussi avantageuses que celle des autres fonderies leurs voisines, consacrées plus exclusivement aux articles généraux dits *de commerce*, tels que boîtes de roues, colonnes, tuyaux, poëles et marmites, etc.

Dans les hauts-fourneaux à moulage dont nous parlons, le prix de la main-d'œuvre a successivement augmenté depuis vingt ans et est aujourd'hui de 15 à 20 p. 0/0 plus élevé qu'alors, suivant les usines. Les frais de fabrication qui se tenaient dans les établissements, livrés aux *fontes* les plus simples, dans les limites moyennes de 30 à 35 les mille kilogrammes pour tous frais de moulage, atteignent aujourd'hui 50 à 60 francs. Celles des usines spéciales consacrées à l'ornement et aux fontes d'art, comme le Val d'Osne, Sommevoire et Sermaize, ont vu la main-d'œuvre de moulage qui se tenait entre 80 et 85 francs par tonne, passer à 130 et 140 tonnes. La journée moyenne des ouvriers, manœuvres, apprentis et mouleurs qui se tenait en moyenne à 2 fr. 50 est passée entre 3 fr. 50 et 4 francs. Qu'on ait pu racheter cette différence en tout ou en partie, à l'aide de procédés perfectionnés, c'est ce que nous verrons plus loin quand nous parlerons du moulage.

C'est surtout pendant l'été, alors que les travaux de la campagne enlèvent les manœuvres et même les ouvriers spéciaux, que les fonderies, dont nous parlons, voient s'élever leurs dépenses de main-d'œuvre.

L'élément charbon de bois, est devenu aujourd'hui trop variable pour qu'on puisse absolument compter sur lui pour continuer à fabriquer dans des conditions avantageuses, exclusivement avec ce combustible. Aussi, a-t-on pris le parti de transformer un certain nombre de hauts-fourneaux en vue de marcher au mélange coke et charbon, même au coke seul.

Ceux mal placés, soit à l'égard du combustible, soit à celui du minerai, ont disparu en partie, dans certains centres, les uns se fermant

tout à fait ; les autres se réfugiant exclusivement dans la fonderie de deuxième fusion.

Ainsi a-t-il été de Tusey où l'on s'occupe aujourd'hui beaucoup plus des fontes mécaniques et des travaux de chemins de fer, que des fontes d'ornement aujourd'hui délaissées. Ce sont pourtant ces produits qui ont fait à un moment, la réputation de cette usine, lorsque de 1837 à 1842, elle avait entrepris des travaux importants de fontaines et de fontes décoratives.

Usines disparues. — Parmi les usines supprimées et qui ont totalement disparu, on peut citer quelques hauts-fourneaux des Vosges, notamment ceux de Villouxel, de Vrécourt et d'Attignéville. D'autres dans la Sarthe, en Bretagne et en Normandie. Parmi ces derniers, notons un certain nombre de petites usines de l'Eure, appartenant à la famille d'Albon, lesquelles sont absolument fermées et désertes depuis des années. On n'a gardé que celles de Breteuil et de Conches. Cette dernière ne travaille plus, actuellement du moins, en première fusion.

Les minerais ne coûtaient pas cher, cependant. Exploités sur un territoire d'une étendue considérable, appartenant aux propriétaires, on pouvait les obtenir à un prix pouvant se tenir entre 8 et 11 francs par tonne, décomposé comme suit :

Frais d'extraction, de lavage, etc.	6 fr.	00	à	8 fr.	00
Transport à l'usine	1	50	à	2	00
Frais de recherches, manutention, etc. . .	0	75	à	1	00
	8 fr.	25	à	11 fr.	00

Les minerais de l'Eure sont disséminés en amas irréguliers, généralement d'une importance médiocre, dans les terrains diluviens qui occupent la plus grande partie du pays *d'Ouche.*

Les plus riches de ces minerais, exploités dans la forêt de Conches, ont suffi à alimenter, pendant des siècles, les usines du voisinage. Ce sont entre autres :

N° 1. — Minerai de *Sainte-Marthe*, près de Conches.
N° 2. — Minerai de *Nogent*, au sud-est de Conches.
N° 3. — Minerai de *Saint-Nicolas*, près Breteuil-sur-Iton.
N° 4. — Minerai de *Piseux* et *Longue-Lune*, près Verneuil.

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4
Peroxyde de fer	61.562	71.581	63.732	76.836
Silice	19.250	13.275	65.476	10.473
Alumine	9.060	2.725	0.817	1.200
Eau	10.100	12.400	8.102	11.480
Perte	0.028	0.019	0.253	0.011

Les charbons pouvaient ne pas être d'un prix élevé, non plus, mais les propriétaires ont trouvé plus simple de vendre leurs coupes de bois sur pied, en tirant ainsi meilleur parti, avec moins d'embarras.

Usines de l'Eure. — Appelé en 1865, par les propriétaires des usines dont il est ici question, j'ai visité attentivement ces divers établissements, pour la plupart en chômage. Il s'agissait d'examiner comment on pourrait conserver les anciens ouvriers de ce groupe, en les utilisant dans deux ou trois usines seulement, Breteuil, la Bonneville et Conches.

C'est surtout à l'endroit de cette dernière usine placée sur une grande ligne du réseau de l'Ouest, qu'on m'avait demandé un rapport motivé. Examen fait, je crus devoir proposer le remplacement des deux fourneaux au bois, en complet délabrement du reste, par un haut-fourneau de 10 à 12 mètres marchant au coke, et si besoin, avec mélange de coke et charbon, pouvant produire 10 à 12 tonnes de fonte à moulage par vingt-quatre heures et devant donner la fonte au creuset entre 12 et 13 fr. par tonne, savoir :

Coke	80 fr.	00
Minerai rapportant 30 à 34 p. 0/0 en moyenne	25	00
Castine	2	00
Main-d'œuvre du personnel attaché au fourneau	4	00
Frais divers, direction, frais généraux, etc.	15	00
	126 fr.	00

A l'appui, je proposais une dépense de 175,000 francs environ, justifiée par devis qui tenant compte des parties utilisables dans la vieille usine, comprenait :

Un haut-fourneau avec accessoires, porte-vent, prise de gaz au gueulard, tuyaux de conduite pour vent et gaz, appareil à chauffer l'air, etc.	44.000 fr.	00
Halle de moulage de 35 mètres de largeur sur 60 mètres de longueur, construite par travées reposant sur colonnes avec charpente disposée pour recevoir les appareils de levage nécessaires.	50.000	00
Machine soufflante horizontale avec machine à vapeur de 30 à 35 chevaux, fondation, tuyaux de vapeur, etc.	32.000	00
Une nouvelle chaudière à bouilleurs et son fourneau, à adjoindre aux chaudières déjà existantes.	4.500	00
Bâtiment pour les chaudières et la machine	5.000	00
Reconstruction de la cheminée des chaudières et appropriations diverses pour relier les chaudières à la nouvelle machine. . . .	5.000	00
Disposition pour l'appropriation du plateau d'approvisionnement et son raccordement avec le gueulard du nouveau fourneau . . .	2.000	00
Installations diverses dans les nouvelles halles de moulage pour étuves, fosses de coulée, grues tournantes et grues roulantes. .	12.000	00
Installation de deux cubilots avec leur ventilateur, monte-charges, transmission, etc.	4.800	00
Appropriation de divers ateliers, d'ébarbage, de sablerie, etc., déjà existants et à compléter, plus imprévu.	16.000	00
Total.	175.300 fr.	00

Dans ces conditions, on pouvait faire de l'usine de Conches, une usine moderne bien disposée pour la fabrication des fontes moulées et donnant un rendement certain.

Les intéressés ont préféré alors supprimer les anciens fourneaux, ou pour mieux dire, les laisser inactifs, faire dans les bâtiments et constructions diverses, les dépenses indispensables devant coûter 60 à 70,000 francs; ajourner indéfiniment la reconstruction de l'ensemble et le remplacement des deux hauts-fourneaux.

Le haut-fourneau proposé pour être substitué à ceux-ci et devant coûter avec la reconstruction des halles de moulages, environ 94,000 francs eut été entrepris sur des bases de prix précises, attendu que j'avais sous la main les éléments utiles, ayant fait construire dans la Meuse, un appareil du même genre, qui a coûté 86,914 fr. 90, de dimensions un peu plus faibles, il est vrai, mais établi à une époque où l'on admettait encore les massifs carrés. Or, ceux-ci étaient plus coûteux que les tours actuelles coniques, supportées sur colonnes, en maçonnerie légère, cuirassées de plaques de fonte ou fortifiées par des cercles et des armatures en fer.

Voici, du reste, un aperçu justificatif de la dépense prévue alors :

Main-d'œuvre :

Façon de la tour du haut-fourneau, à forfait.	4.000 fr.	00
Construction de deux halles de coulée, à prix débattus.	15.545	70
Façon des bâtiments accessoires, murs, voûtes, fondations, etc. .	4.500	00
Travaux à la journée, maçons, charpentiers, etc.	2.652	00
— — forgerons, menuisiers, etc.	8.120	00
Terrassement et transport de matériaux	8.655	00

Matériaux :

Pierres taillées, achat et transport.	5.480	00
Moellons — — —	5.280	00
Chaux et sable, — —	1.775	00
Bois et poutres, solives, planchers en fer, charpentes, escaliers, etc.	16.488	00
Tuiles pour couverture.	1.200	00
Pavés	245	80
Fer et fonte pour armatures, garnitures, charpentes	10.472	80
Dépenses diverses pour approvisionnements et imprévus	12.500	00
	89.913 fr.	80

Plus, les frais d'enquête, affiches, dessins et honoraires de l'ingénieur.

— Pour compléter ce qui vient d'être dit à l'endroit des hauts-fourneaux au bois, pouvant être considérés comme types de production variée en moulages et servir de base à des études comparatives, nous ajouterons quelques notes rapides recueillies çà et là, pouvant intéresser nos lecteurs.

Hauts-fourneaux de Niederbronn. — Les usines Diétrich formant un groupe de cinq établissements différents réunissent quatre hauts-fourneaux, des foyers d'affinerie, des laminoirs, des marteaux, etc.; de plus des ateliers de fonderie et des ateliers de construction. Nous ne nous occuperons ici que de la fonderie.

Déjà, pl. 6, figure 11, nous avons donné les dimensions d'un des deux hauts-fourneaux de Niederbronn travaillant en moulage et marchant au charbon de bois. Quelques essais ont été faits avec mélange de bois vert et de coke, ajoutés au charbon de bois. On y a à peu près renoncé, du moins pour la fabrication des fontes moulées qu'on cherche et qu'on réussit à produire en un état parfait de pureté et de netteté. Les minerais employés, de provenances locales, hydroxydes argileux en grains, ne rendent pas plus de 23 à 25 p. 0/0. On doit les compléter par les minerais plus riches du *Nassau*, hématites rouges, rendant 45 à 50 p. 0/0.

Les fonderies de première et de deuxième fusion de Niederbronn peu-

vent produire entre 1,250 et 1,500 tonnes de moulages par année, en pièces de machines, pièces pour matériel de chemins de fer, poëlerie et poterie, petits ornements. La fabrication est particulièrement soignée et nous ne connaissons rien d'analogue dans ce genre, sinon celle des usines de Dammemarie, dans la Meuse, lesquelles se sont fait, avec deux ou trois usines des Ardennes, une spécialité des fontes destinées aux Compagnies de chemins de fer : faux-tampons, boîtes à graisse, cylindres à vapeur et pièces diverses pour locomotives et wagons.

L'emploi perfectionné des gaz recueillis au gueulard des hauts-fourneaux, pour être utilisés au chauffage des chaudières et autres appareils, a pris naissance à Niederbronn où ont eu lieu les premiers essais faits par Robin, l'un des directeurs de ces usines.

La machine soufflante de la fonderie est une machine verticale de 25 chevaux, à double cylindre et détente du système Wolff. Le diamètre du cylindre est 1m,40 sa course 1m,25. Le régulateur est un réservoir à capacité constante.

Les appareils à air chaud sont du système Calder. On n'élève pas la température de l'air au-dessus de 140 à 150° centigrades. La pression du vent aux tuyères varie entre 0°,06 et 0°,08 de mercure. Le volume invariable de la charge en combustible est de 8 hectolitres de charbon de bois et le poids, par charge, du minerai et de la castine, varie entre 450 et 550 kilogrammes. On ajoute par 100 kilogrammes de minerai, 3 à 5 kilogrammes de menus bocages retirés des scories.

La production moyenne est de 4 tonnes de fonte grise, par vingt-quatre heures, avec une consommation pour une tonne de fonte, de :

Charbon de bois	1.200 à 1.300	kilogrammes.
Minerai.	2.400 à 2.500	—
Castine.	450 à 500	—

— Les indications qui suivent ont été recueillies dans les *Bulletins de l'industrie minérale*, 1864.

Haut-fourneau au charbon de bois, d'Annecy (Haute-Savoie) :

Dimensions principales :	Hauteur totale	8m,90
— —	Largeur à la tuyère	0 52
— —	Diamètre à la partie supérieure de l'ouvrage	0 78
— —	Diamètre au ventre.	2 12
— —	— au gueulard	0 77
— —	Capacité, environ 15 mètres cubes.	

Le charbon employé est du charbon de hêtre et de sapin mélangés. Il entre dans la charge pour la moitié environ du poids total. Les mine-

rais sont des peroxydes hydratés, terreux, exploités autour d'Annecy et lavés.

Leur teneur, selon qu'ils sont menus ou en gros fragments, varie entre 28 et 40, même 43 p. 0/0.

Le calcaire magnésien, employé comme fondant, contient 5 à 12 p. 0/0 de fer et 8 à 12 p. 0/0 de silice et d'argile.

L'air chauffé par un appareil de Wasseralfingen, entre 150° et 230° centigrades, entre au fourneau par une tuyère unique avec buse de 50 à 55 millimètres, sous la pression de 0,04 à 0,05 de mercure.

La fonte, exclusivement réservée au moulage, est de bonne qualité grise, et à grain fin.

Avec une pression de 0,054 et la température de l'air à 200° centigrades, le haut-fourneau produit par jour 2,100 à 2,200 kilogrammes, les charges étant ainsi composés :

Charbon de bois.	60	kilogrammes.
Minerai lavé.	90 à 95	—
— grillé.	12 à 15	—
Castine.	20 à 22	—
Grenaille de fonte	6 à 8	—

Usine de Mendive. — Aujourd'hui qu'on s'occupe de ressusciter la métallurgie du fer dans l'Ariège et dans les Pyrénées, il peut être utile de consigner le prix de revient de la fonte au creuset dans un des hauts-fourneaux de ces contrées. Nous prendrons cet exemple, dans la petite usine de Mendive (Basses-Pyrénées), dont le roulement nous a été communiqué, il y a quelques années.

Pour une tonne de fonte, on emploie :

Charbon de bois, déchets de halles compris, 7 hectolitres à 8 francs	56 fr.	00
Minerai, 2,680 kilogrammes à 11 francs.	28	93
Castine, 350 — à 3 fr. 50	1	23
Personnel ouvriers, salaires et autres frais divers.	7	00
Frais généraux, entretien, réparations.	10	00
Fermage de l'usine	2	00
Intérêts à 5 p. 0/0 des dépenses par tonne, pour trois mois de roulement	1	54
Prix de la fonte au creuset, ...	106 fr.	70
Transport par tonne à Bayonne.	15	00
Commission et autres frais.	5	00
Prix sous vergues, à Bayonne	126 fr.	70

Les fers battus, de première qualité, confectionnés avec cette fonte reviennent à 280 francs à l'usine.

Modes de chargement à la mise en feu, des fourneaux au charbon de bois. — Un haut-fourneau ayant été séché préalablement, puis rempli, allumé et après les grillages, M. Janoyer propose (1) d'établir les charges suivantes :

Charge fixe de 750 hectolitres de charbon avec 25 kilogrammes minerai et 20 castine, puis en augmentant progressivement jusqu'à la dixième charge par quantités de 5 à 8 kilogrammes de minerai, la castine restant sans variation. A partir de cette dernière charge qui représente environ 75 kilogrammes minerais et 20 kilogrammes castine, on peut augmenter chaque charge de 6 à 7 kilogrammes, la castine étant portée invariablement à 40 et à 50 kilogrammes, jusqu'à ce qu'on ait atteint le maximum à suivre ;

Ce qui revient, en somme, suivant l'état du fourneau à :

	m. c.				Castine.
10 charges graduées. .	7 50.	Charbon.	25 à 75 kil.	Minerai.	20 kil.
10 ou 15 — — . .	7 50.	—	75 à 150	—	40 —
10 ou 15 — — . .	7 50.	—	150 à 175	—	50 —

Dans les hauts-fourneaux au coke, à *l'Horme* et à *Lavoulte,* la température de l'ouvrage étant assez élevée pour autoriser le chargement, M. Janoyer put admettre la série de charges suivantes, jusqu'au moment où le minerai étant arrivé aux tuyères, on commença à souffler :

	kilog.		kilog.		kilog.		kilog.		kilog.
Nombre de charges,	10	Coke,	200	Minerai,	125	Scories,	25	Castine,	50
— —	10	—	200	—	150	—	25	—	50
— —	10	—	200	—	175	—	25	—	50
— —	10	—	200	—	187	—	25	—	50

Le vent étant introduit dans le fourneau à la pression de 0,055 à 0,060 de mercure avec busillons de 55 millimètres.

La charge donnait, argile 48,25, silice 9, castine 83,50 d'après les analyses chimiques.

En rapportant à 100 cette composition, on obtient pour le laitier correspondant :

Silice	45.75
Alumine	12.25
Chaux	42.00

Cette formule paraît très convenable pour les fourneaux au coke, arrivant à la pleine charge, soit :

Coke	200	kilogrammes.
Minerai	400	—
Castine	70 à 80	—

(1) *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale,* 1861.

Les tuyères se maintenant claires, recevant bien le vent et la qualité du laitier étant reconnue parfaitement normale.

Dans les hauts-fourneaux du Gard, qui travaillent en fonte à moulage, notamment à Bessèges, les minerais rendent en moyenne 35 p. 0/0 et coûtent de 7 à 15 francs la tonne, soit pour une tonne de fonte produite, entre 17 fr. 50 et 60 francs, écart énorme, suivant qu'on emploie des minerais dits *du trias* ou des minerais oolithiques. En résumé, la consommation moyenne par tonne de fonte, peut être :

Matières :

Coke, 1.500 kilogrammes à 15 francs		22 fr.	50
Minerai 2.600 — à 10 —		26	00
Castine 800 — à 2 fr. 20		1	76
Houille 1.300 — à 5 francs (pour chauffage des appareils)		6	50

Main-d'œuvre :

Fondeurs et chargeurs	3 fr.	80	11 fr. 98
Machinistes et chauffeurs	1	60	
Pesage et enlèvement des fontes	0	38	
Enlèvement des laitiers	1	90	
Manœuvres divers	1	80	
Ouvriers et forgerons pour réparations	0	45	
Journées pour entretien	2	05	

Frais divers :

Fournitures diverses	7	50	17 50
Frais généraux, intérêts de fonds, loyer, impositions, assurances	10	00	
Prix de revient par tonne			86 fr. 24

Aux hauts-fourneaux de Givors, on emploie pour moulages et pour travaux de forge, essieux, bandages etc., des fontes de nature et de tenacité déterminées, lesquelles exigent des minerais variés, entre autres :

	RENDEMENT p. 0/0	PRIX par tonne de minerai	TRANSPORT par tonne de minerai	PRIX moyen par tonne de fonte
		fr. c.	fr. c.	fr. c.
Minerais de l'Ardèche (Privas) . . .	44	16 00	7 75	36 00
— de l'Isère	25	12 00	9 00	50 00
— du Doubs.	26	12 00	» »	48 00
— d'Algérie	60	3500	15 00	60 00
— d'Espagne (Catalogne). . .	45	32 00	9.00	72 00
— de l'Ile d'Elbe.	60	31 00	7 50	52 00
— de Sardaigne	62	33 00	» »	52 00

Les mélanges admis suivant les approvisionnements, doivent comprendre environ 55 francs de minerais par tonne de fonte.

Givors et quelques *hauts-fourneaux de la Loire* travaillant en fonte à moulage et produisant une moyenne de 10 tonnes par vingt-quatre heures, consomment par tonne de fonte :

Coke	1.450	kilogrammes.
Minerai	2.220	—
Castine	1.110	—

Usines d'Hayange. — Nous avons donné pl. 6, fig. 15, les dimensions d'un des hauts-fourneaux d'Hayange, desservant la fonderie.

On emploie dans ces appareils des minerais oolithiques d'Hayange et de Bouzwald, dont le rendement se tient entre 30 et 35 p. 0/0 et dont le prix d'extraction varie entre 3 fr. 25 et 3 fr. 75 par tonne. Les hématites du Nassau, employées à Niederbronn, sont admises en mélange avec les minerais d'Aumetz et d'Audun, pour la fabrication des fontes au bois, ou en mélange coke et bois, des fourneaux à marchandises d'Hayange. Le coke employé est celui de Sarrebruck.

La fonderie d'Hayange est renommée, pour sa poterie et sa poêlerie obtenues au trousseau et sans modèle, par les anciens procédés perfectionnés. Depuis quelques années, les mêmes usines ont installé la fabrication des tuyaux à grande longueur, coulés debout, en fonte de première et de deuxième fusion.

Les hauts-fourneaux de Styring-Wendel dépendant du groupe d'Hayange marchent presque exclusivement au coke pour la production de la fonte à fer en vue de la fabrication des rails. Leurs dimensions ont été données pl. 6, fig. 16.

Au nombre de six, ces hauts-fourneaux, dont trois ou quatre seulement sont en marche en même temps, reçoivent le vent d'une machine

horizontale de la force de 140 chevaux, avec cylindre à vapeur oscillant de $1^m,10$ de diamètre et 2 mètres de course, faisant fonctionner un cylindre soufflant de $2^m,40$ de diamètre qui fournit environ 300 mètres cubes par minute, d'air chauffé entre 280° et 320° centigrades. Le régulateur est un cylindre en tôle de 2 mètres de diamètre et de 80 mètres de longueur, adossé aux hauts-fourneaux.

Les minerais sont chargés par wagons placés sur des élévateurs hydrauliques. La production moyenne d'un fourneau, quand il marche en fonte grise, destinée au moulage, est d'environ 25 tonnes par vingt-quatre heures.

Le poids moyen de la charge, est :

Coke	800 hectolitres, charge invariable.
Minerai	750 à 900 kilogrammes.
Castine	90 à 100 —

Les fourneaux sont soufflés, suivant la qualité des fontes à obtenir, par trois, quatre ou cinq tuyères avec busillons de 80 à 90 millimètres et sous la pression de 0,15 à 0,20 de mercure.

Usine de Frouard près Nancy (Meurthe), Cette usine travaille en fonte de moulage. Le prix de revient de la fonte grise était évalué, comme suit, il y a quelques années :

1.800 kilogrammes de coke, à 36 francs	64 fr.	80
3.500 — de minerai, à 3 fr. 70.	12	95
300 — de castine, à 0,02 centimes. . .	0	60
Main-d'œuvre, montages compris	6	00
Entretien des appareils	4	00
Frais généraux, régie et frais divers	6	00
Total par tonne	94	35

Pour une tonne de fonte coulée en moulages de première fusion, colonnes, tuyaux, plaques de cheminées, etc, on consomme avec des minerais très fusibles, de la localité, rendant au plus 28 à 30 0/0, 1800 kilogrammes de coke, de qualité inférieure, venant de l'Allemagne. Chaque fourneau produit en pleine marche, par vingt-quatre heures, 12 à 14 tonnes de fonte grise pour moulages ou pour deuxième fusion.

Suivant des détails qui me sont donnés par un de mes anciens chefs de fabrication, de Marquise, passé depuis à Frouard, les frais d'établissement de cette usine prévue pour quatre hauts-fourneaux, mais, dont deux seulement ont été installés au début, permettraient d'établir le devis qui suit :

Achat de terrains	35.000 fr.	00
Constructions industrielles :		
Halle de moulage de 1.500 mètres carrés de superficie environ. Bâtiment pour machines soufflantes. . . . . Bâtiments pour les services des hauts-fourneaux . . . . . Ateliers de construction, de forges, menuiserie, charpenterie, etc., environ 1.000 mètres de surface couverte.	140.000	00
Constructions administratives :		
Habitation du directeur et bureaux. . . . . Habitation pour deux employés et huit chefs-ouvriers.	60.000	00
Hauts-fourneaux et Accessoires :		
Deux hauts-fourneaux de 13 mètres de hauteur en moyenne. . .	90.000	00
Trois appareils à air chaud, dont un pour rechange.	20.000	00
Une machine soufflante horizontale de 80 chevaux pouvant fournir 200 mètres cubes par minute à la pression de 0,15 de mercure.	60.000	00
Trois chaudières à bouilleurs, avec leurs appareils, fourneaux, tuyaux, etc., et la cheminée établie en prévision de six chaudières	50.000	00
Outillage et mobilier industriel	40.000	00
Terrassements, aqueducs, fondations, murs et autres frais de premier établissement.	15.000	00
Frais généraux, surveillance, direction des travaux, frais divers, etc.	35.000	00
Total, environ	545.000 fr.	00

Hauts-fourneaux de Maubeuge, Nord. — Les établissements Hamoir et Cie, travaillant en fontes moulées et en fontes en gueuses pour moulage, peuvent produire par fourneau et par mois, environ 230 tonnes, dans les conditions suivantes :

Coke employé en moyenne.	370.000	kilogrammes.
Minerai —	725.000	—
Castine —	28.000	—

Soit, par tonne de fonte, revenant à environ 12 fr.

160	kilogrammes	de coke.
320	—	de minerai.
120	—	de castine.

Hauts-fourneaux de Marquise. — Nous nous étendrons davantage en parlant de ces usines, d'abord, parce que nous y avons été attaché comme directeur et comme ingénieur, de 1848 à 1870 ; puis, parce qu'il

s'agit, au point de vue de la fabrication des fontes moulées, des plus importantes usines françaises, sous le rapport du chiffre de la production et des perfectionnements accomplis.

Les usines de Marquise ont été fondées en 1839 par les frères Pinart. Elles n'eurent d'abord qu'un seul fourneau affecté exclusivement à la production des fontes brutes en gueuses, pour moulages et pour forges. Deux autres hauts-fourneaux furent construits de 1843 à 1846, pour travailler au coke comme le premier. Après 1848, la Société Pinart frères, se rendit acquéreur d'une usine voisine des siennes, à 6 ou 700 mètres vers la ville de Marquise. Cette usine dite n° 2 comprenait deux hauts-fourneaux construits par les ingénieurs Thomas et Laurens.

Les établissements de Marquise, avec les deux fourneaux construits vers 1855 à Outreau, près de Boulogne-sur-Mer, par la Société de Montataire, forment le seul groupe métallurgique, produisant la fonte de première fusion, dans le Pas-de-Calais,

Comparées aux importants établissements du Creusot et de Fourchambault, les fonderies de Marquise offrent un nouvel exemple de la fortune rapide des grandes usines, quand elles s'appuient sur le développement du travail national.

Situées sur le littoral, à portée du canal de Guines, entre les ports de Calais et de Boulogne, se rattachant par le chemin de fer du Nord à toutes les grandes lignes françaises, ces usines sont admirablement placées pour trouver des débouchés à leurs produits. Elles le sont moins pour l'approvisionnement des matières premières, cokes et minerais. Les cokes, ou du moins les charbons, pour les obtenir, doivent venir de la Belgique, de l'Angleterre ou du Pas-de-Calais. Les minerais sont en abondance dans le pays; malheureusement la plupart de ceux qui sont les plus communs, autour de Marquise, dans la direction de Boulogne, sont des minerais siliceux, assez réfractaires et d'une qualité insuffisante pour donner seuls, de bonnes fontes de moulage, grises, douces et résistantes.

On a bien trouvé, encaissés dans les bancs calcaires, sur le littoral, entre Calais et Guines, des minerais carbonatés assez bons; mais l'exploitation en est difficile, rare et coûteuse. Elle est aujourd'hui presque épuisée, et les hauts-fourneaux ont été, depuis 1862, obligés d'aller au loin, en Espagne, en Algérie et sur les côtes de Bretagne, chercher les espèces qui leur manquaient pour constituer des lits de fusion satisfaisants.

Les minerais, entre Marquise et Boulogne, essayés au laboratoire de l'École des mines, à Paris, en 1849, sont (1):

(1) Nous revenons ici sur quelques détails déjà exprimés aux pages 50 et suivantes, mais qui sont nécessaires pour faire ressortir a situation des usines dont nous parlons; du reste, les analyses ne sont pas les mêmes et en outre, elles sont d'une date différente.

Minerai de Pichevert, hydraté en grains, commune de Wimille, donnant.

Peroxyde de fer	0.50
Silice	0.41
Chaux	0.03
Perte par calcination	0.06
	100.00

Minerai hydroxydé, dit de la *Trésorerie*, commune de Wimille, donnant :

Peroxyde de fer	0.48
Silice	0.42
Perte	0.10
	100.00

Minerai hydroxydé, dit du *Camp-de-Boulogne*, donnant :

Peroxyde de fer	0.46
Argile siliceuse	0.40
Chaux	0.04
Perte	0.10
	100.00

Par l'essai à la voie sèche, ces minerais accusent une teneur en fer de 32 à 35 p. 0/0.

Les minerais dans la direction de Guines et Calais, sont moins siliceux, mais moins abondants. Leur exploitation est devenue plus rare, depuis qu'elle a été partagée entre les usines de Marquise et celles de Denain et d'Outreau, lesquelles ont établi des exploitations importantes dans la contrée.

Ces minerais accusent à l'analyse :

Minerai hydroxydé en morceaux, dit de *Malassise*, canton de Marquise.

Peroxyde de fer	0.68
Argile	0.10
Chaux	0.04
Perte	0.18
	100.00

Un autre échantillon de cette mine fournit 0,70 de peroxyde de fer et 0,21 d'argile calcaire.

Le rendement aux essais est entre 47 et 50 p. 0/0 de fer.

Les minerais hydroxydés de Bainghen, donnent :

Peroxyde de fer	0.43
Argile	0.42
Chaux	0.03
Perte	0.12
	100.00

et donnent à l'essai une teneur en fer de 30 p. 0/0.

A quelque distance de Bainghen, canton de Marquise, le minerai d'Elinghen, également hydroxidé donne :

Peroxyde de fer	0.85
Argile	0.42
Chaux	0.30
Perte	0.05

Et, par la voie sèche, jusqu'à 60 p. 0/0 de fer.

Les minerais carbonatés de la région au-dessus de Marquise vers Calais, sont empâtés dans l'argile calcaire. Leur teneur en fer est variable ; elle se tient entre 30 et 40 p. 0/0 au fourneau.

Ces divers minerais, cassés et lavés sur place par des procédés que nous avons décrits reviennent, par mètre cube, sur le plateau des fourneaux :

	Lavé sur place.	Transport.	A l'Usine.
	—	—	—
Minerai de Pichevert	7 fr. 50	3 fr. 50	11 fr. 00
— de la Trésorerie	8 00	4 50	12 05
— de Malassise	10 50	4 90	14 05
— de Pichevert, cassé	7 00	4 25	11 25

Les autres mines sur place, coûtent en terre et dites *mines-sales*, entre 3 fr. 75 et 4 fr. 25 sur place et, rendues à l'usine, entre 12 et 15 francs le mètre.

Les autres matières premières employées pour le service de la production de la fonte, sont évaluées à l'usine.

Les cokes lavés, métallurgiques de Lagrappe, suivant les marchés	par tonne.	32 à 36 fr.
Les cokes, fabriqués à l'usine, avec des houilles anglaises	par tonne.	36 à 38
Les cokes du Pas-de-Calais	—	32 à 34

La castine dite oolithe cassée, aux carrières, 85 centimes le mètre cube ; à l'usine, 1 fr. 50.

Celle dite *Stinhalt*, également cassée, à l'usine 2 fr. 75 à 3 francs.

Les houilles grasses du Pas-de-Calais, 22 à 25 francs la tonne.

Les houilles maigres d'Hardinghen, près de Marquise, 17 à 19 francs la tonne.

La castine oolithe-calcaire, grasse, de Marquise, donne à l'analyse :

Oxyde de fer	0.025
Carbonate de chaux	0.975

La castine dite de *marbre* ou *stinkalt-calcaire*, grise, compacte, d'Hydrequent, à portée des usines, donne pour deux échantillons :

Silice	0.05	0.001
Fer	traces.	traces.
Carbonate de magnésie	traces.	0.018
Carbonate de chaux	0.94	0.096

On considère, comme donnant une marche passable, une consommation par tonne de fonte produite, de 13 à 1,400 kilogrammes de coke, la moyenne des minerais rendant 35 à 38 p. 0/0 au fourneau. La charge fixe du combustible est de 480 kilogrammes de coke ; les charges en minerai se tiennent entre 1,050 et 1,250 kilogrammes.

La charge rapporte entre 330 et 380 kilogrammes ; ce dernier rendement entre autres, quand on emploie des hématites ou des minerais d'Algérie et d'Espagne.

Ces données du reste, sont variables, non seulement, suivant l'allure des fourneaux, mais selon qu'on marche en fonte grise, serrée ou truitée suivant les besoins de la fabrication et de la vente :

Le bac de mine	Malassise, lavée et cassée, pèse	24.05 à 25 kil.
— —	Pichevert, mélangée	24.05 —
— —	Trésorerie, mélangée	23.05 —
— —	Bainghen	24.50 à 25 —
— —	Malassise, après un deuxième lavage à l'usine	25.05 à 26 —

Un bac de mine lavée pèse 1 kilog. 50 à 2 kilogrammes de plus qu'un bac de même mine non lavée.

Nous ne reviendrons pas sur les dispositions et dimensions des fourneaux, qui sont données, pages 138 et 139 et pl. 6 (fig. 18, 19, 20, 23 et 24).

Les salaires des ouvriers des fourneaux, se tiennent sensiblement dans les limites suivantes :

Fondeurs, par journée de travail	3 fr. » à 3 fr. 50
Aides-fondeurs, —	2 50 à 2 75
Chargeurs, brouetteurs et mouleurs	2 25 à 2 50
Machinistes et chauffeurs	2 50 à 3 50

Le tableau qui suit, se reportant aux trois années pendant lesquelles l'usine, dite, *n° I* s'est le plus développée et a marché en pleine prospé-

rité, pourra donner une idée de la dépense de la main-d'œuvre, comparée au chiffre de production des fourneaux.

	SALAIRES DES OUVRIERS DES FOURNEAUX EN			Les trois fourneaux numéros 1, 2, 3 étant en marche à l'Usine numéro 1
	1853	1854	1855	
	fr. c.	fr. c.	fr. c.	
Fondeurs.	6.465 25	6.387 50	6.444 00	
Aides-Fondeurs.	9.855 00	9.947 »	10.395 75	
Brouetteurs de laitiers. .	8.560 00	8.852 »	11.516 75	En 1855, faute d'emplacement à portée, les laitiers ont été conduits et nettoyés beaucoup plus loin des fourneaux qu'en 1853 et 1854.
Amasseurs de débris des fourneaux.	800 10	798 25	4.042 00	
Chauffeurs des appareils.	1.460 00	1.460 »	1.483 00	
Torcheurs de poches . .	2.891 35	3.478 10	2.864 60	
Chauffeurs	13.140 00	13.363 25	14.420 00	
Brouetteurs de mine. . .	4.380 00	4.380 »	4.525 25	
Manœuvres des gueulards	5.125 45	6.948 05	6.265 35	
Machinistes et Chauffeurs	5.303 60	5.199 30	5.309 85	
	57.980 75	60.813 45	67.266 35	

La production totale des trois fourneaux a été :

En 1853	11.166.711 kilog.
En 1854	13.085.647 —
En 1855	12.343.761 —
Ensemble	36.596.119 kilog.

La main-d'œuvre a été :

En 1853.	57.980 fr. 75
En 1854.	60.813 45
En 1855.	67.266 35
Ensemble	186.060 fr. 55

soit en dépense de main-d'œuvre pour le service de fourneaux environ 5 francs. par tonne.

Le résumé du travail de trois fourneaux pendant les années dont nous parlons, est expliqué dans le tableau qui suit :

RÉSUMÉ DU TRAVAIL DES HAUTS-

Pendant les Exercices

TOTAL DES CHARGES			MOYENNE DES CHARGES Par 24 heures			PRODUCTION MOYENNE par 24 heures		
N° 1	N° 2	N° 3	N° 1	N° 2	N° 3	N° 1	N° 2	N° 3
Nombre	Nombre	Nombre	Nombre	Nombre	Nombre	Kilog.	Kilog.	Kilog.
Dans l'année.								
12.357	11.466	9.319	33.15	31.05	29.25	10.580	13.082	9.863
Moyenne par mois.						Production totale dans l'année.		
1.029.70	955.50	776.50				3.557.519	3.898.886	3.710.326
Dans l'année.						Par 24 heures.		
12.145	11.977	10.398	33.20	32.70	28.40	12.587	12.491	10.766
Moyenne par mois.						Production totale dans l'année.		
1.012.08	998.08	860.50				4.596.463	4.555.294	3.929.890
Dans l'année.						Par 24 heures.		
11.653	10.654	8.860	32.10	29.30	24.40	12.402	11.695	9.807
Moyenne par mois.						Production totale dans l'année.		
971.08	887.08	738.33				4.516.324	4.258.461	3.568.976

FOURNEAUX Numéros 1, 2 et 3

1853, 1854 et 1855.

RENDEMENT MOYEN de la charge			RENDEMENT MOYEN de la mine pour 100			COKE EMPLOYÉ par mille kilogr. de fonte			EXERCICES
N° 1	N° 2	N° 3	N° 1	N° 2	N° 3	N° 1	N° 2	N° 3	
Kilog.	Kilog.	Kilog.	Nombre	Nombre	Nombre	Kilog.	Kilog.	Kilog.	
293.60	306.70	323.00	34.80	35.00	31.65	1.450	1.423	1.437	**1853** — Production totale des trois fourneaux : 11.166.711 kilogrammes.
Température moyenne du vent.			Pression moyenne du vent.						
120°	125°	160°	0,045	0,050	0,045				
358.30	349.75	358.35	35.50	36.75	36.16	1.432	1.371	1.327	**1854** — Production totale des trois fourneaux : 13.085.647 kilogrammes.
Température moyenne du vent.			Pression moyenne du vent.						
60°	130°	180°	0,060	0,060	0,55				
330.30	332.90	366.25	34.50	37.25	36.35	1.456	1.370	1.313	**1855** — Production totale des trois fourneaux : 12.343.761 kilogrammes.
Température moyenne du vent.			Pression moyenne du vent.						
60°	130°	165°	0,062	0,065	0,062				

Le nettoiement du minerai a été plus soigné à partir de 1854, et les mines employées étant prises en plus grande quantité dans les exploitations de Malassisse et d'Elinghen, les rendements ont augmenté en proportions notables.

Le fourneau n° 1. avait été mis en feu en mars 1852.
Le fourneau n° 2, — — } à peu près
Le fourneau n° 3, — — } vers la même époque.
Tous trois étaient en pleine allure, par conséquent, en 1853.

La prise des gaz à l'aide d'une trémie, sans obturation du gueulard, n'a été appliquée qu'en 1854, au mois de mars, pour les fourneaux n°s 1 et 2.

Les deux hauts-fourneaux n°s 4 et 5 de l'usine, dite *n° 2*, marchant en gueuses et en gros moulages : coussinets de chemins de fer, poids à peser, colonnes, plaques de cheminée, etc., produisaient alors environ 8,000 tonnes, soit en moyenne comme fonte moulée de première fusion, dans les deux usines, 21 à 22,000 tonnes, annuellement.

Dans cette production d'ensemble, les moulages pouvaient entrer pour une proportion de 55 à 60 p. 0/0, les gueuses, pour 25 à 30 p. 0/0 et les bocages, débris, jets et pièces manquées pour 15 à 20 p. 0/0, suivant la marche. Les gueuses étant coulées, sauf pendant les écarts des fourneaux, les dimanches et jours de fêtes, alors que le moulage ne suffisait pas à utiliser le produit, et notamment celui des coulées de nuit du dimanche au lundi.

La production de la première fusion n'a cessé de s'établir sur ces bases jusqu'en 1870, les cinq hauts-fourneaux demeurant en feu; mais, elle s'est développée prodigieusement du côté de la deuxième fusion. Du chiffre de 12,000 tonnes de fonte moulée par an, en 1858, elle est arrivée à près de 30,000 tonnes en 1862-63, époque à laquelle j'ai quitté la direction de l'usine. Cette quantité a été dépassée encore quand les commandes importantes de gros tuyaux, pour les conduites d'eau de la Ville de Paris, se sont développées. En 1862, les hauts-fourneaux et les cubilots réunis coulaient jusqu'à cent tonnes de moulage par jour.

Les machines, desservant les hauts-fourneaux des deux usines, sont au nombre de quatre :

1° Une machine à balancier, à condensateur, provenant d'une ancienne exploitation en Belgique et appliquée à la soufflerie des trois hauts-fourneaux de l'usine n° 1. Cette machine, d'une puissance de 130 à 140 chevaux, est très solidement installée; c'est la meilleure, au point de vue de la sécurité et de la durée du service. Elle consomme, pour souffler les trois fourneaux ensemble, avec deux tuyères à la pression de 0,050 à 0,070 avec busillons de 90 millimètres, et en faisant

18 à 19 tours par minute, 95 à 110 hectolitres, soit 7 à 8,000 kilogrammes de charbon maigre d'Hardinghen, par vingt-quatre heures;

2° Une machine à balancier, du système dit *de Wolff*, à deux cylindres, construite par Farcot. Cette machine destinée à alterner avec la précédente, pendant le temps des réparations et des nettoyages brûle 70 à 80 hectolitres, même charbon que ci-dessus, soit entre 5,000 et 6,000 kilogrammes. Dans cette machine, à condensation et détente, vendue pour la force de 100 chevaux environ;

Le gros cylindre a une course de $2^m,50$ et un diamètre intérieur de $0^m,92$
Le petit cylindre — de $2^m,10$ — — de $0^m,92$
Le cylindre soufflant — de $2^m,40$ — — de $1^m,82$
La pompe de puits a $0^m,40$ de diamètre. — La pompe à air $0^m,60$. — Les pompes alimentaires $0^m,60$.

La longueur du balancier, de l'axe du cylindre soufflant à l'axe du cylindre à vapeur principal est $9^m,80$; la longueur de la bielle de centre en centre, 7 mètres; le rayon de la manivelle $0^m,60$; le diamètre du volant 8 mètres; celui de la bâche du condensateur $2^m,10$;

3° Une machine à balancier, de 80 chevaux, faisant souffler les deux hauts-fourneaux de l'usine n° 2. Cette machine à détente et à condensation, construite par Sthélin, donne aux tuyères, une pression de 0,06 à 0,07 avec busillons de 90 millimètres; elle marche entre 10 et 12 tours par minute et use 70 à 75 hectolitres de charbon par vingt-quatre heures, la vapeur étant employée à 4 ou 5 atmosphères. Les dimensions principales sont:

Diamètre du cylindre à vapeur	$1^m,08$	course	$2^m,10$
— du cylindre soufflant. . . .	$2^m,10$	—	$2^m,10$
— de la pompe de puits. . . .	$0^m,14$	de la pompe à air.	$0^m,60$

Longueur entre axes du balancier, 8 mètres. — Longueur de la bielle, 8 mètres. — Diamètre, $5^m,14$. — Rayon de la manivelle, $0^m,60$. — Diamètre du volant, $6^m,80$;

4° La quatrième machine, celle horizontale, construite par Frey, dont nous avons déjà parlé, et qui est employée comme machine de secours, souffle difficilement deux hauts-fourneaux. Elle sert, quand elle ne vient pas en aide aux deux autres machines de l'usine n° 1, à divers usages que nous avons cités.

Ajoutons que la fonderie a, en outre, deux machines de 12 à 15 chevaux pour le service des cubilots, une machine horizontale de 20 chevaux, pour le service de la fabrication des sables et, diverses locomobiles employées dans les ateliers de montage et autres, sans compter les grues et appareils moteurs à vapeur.

Il nous reste à donner, pour servir de base à des évaluations analogues, diverses indications, concernant la reconstruction ou le *mon-*

tage des fourneaux à Marquise, ainsi que quelques détails sur les mises en feu.

Un remontage du haut-fourneau n° 5, à l'usine n° 2, a été opéré dans les conditions suivantes :

Main-d'œuvre.

Travail à la journée pour la démolition de la partie du fourneau de la sole aux étalages, enlèvement de l'ancienne sole et des scories y attachées. Prix de revient			278 fr.	00
Travail à forfait pour démolition du gueulard au ventre, enlèvement et triage des matériaux utilisables	190 fr.	17		
Taille de pierre et reconstruction intérieure jusqu'au ventre, cornette mise en place	1.239	19		
Construction de la cuve, à partir des étalages jusqu'au dessous des prises de gaz	576	57	2.660	00
Construction depuis le dessous des prises de gaz jusqu'au niveau du gueulard	444	53		
Débouchage et ramonage des cheminées de séchage	26	00		
Construction de la cheminée et pose des plaques au gueulard	183	54		
Taille des pierres de tympe, pose de la tympe et des pierres de sole			111	75
Four de séchage, revêtement intérieur du creuset et de l'ouvrage			59	45
Gratification aux ouvriers sur l'ensemble			150	00
Total			3.259 fr.	20

Fournitures.

Pierres, briques, etc., ayant été utilisées, de la sole, à la première assise des étalages et provenant de la démolition intérieure du même fourneau	Mémoire.	
Grosses briques réfractaires venant de la démolition, employées comme garni, environ 2,300 briques	—	
Briques rouges ordinaires, venant de la démolition, employées comme garni, environ 700 briques	—	
Pierres, dites *grès du Creusot,* neuves, pour 5 assises taillées et mises en place, 24 m. c. 68	4.335 fr.	00
Pierres de tympe, du Creusot, 0 m. c. 82		
Briques réfractaires pour garniture de la tympe, 880 briques	125	00
Grosses briques réfractaires de Saint-Omer, pour l'établissement des étalages, 15 assises, 659 briques	263	60
Sable réfractaire pour mortier et à damer derrière les briques, 6 m. c. 50.	97	50
Grosses briques réfractaires neuves, sur tracé, pour montage de la chemise de la cuve, prises de gaz, galeries de circulation, etc. 2,286 briques	2.743	20
Vieilles briques provenant de la démolition et utilisées au même travail. 2,040 briques	Mémoire.	

Briques de Stourdbrige pour chapeaux des prises de gaz, 30 briques.	420 fr.	00
Briques réfractaires petites, ayant été employées dans le même travail et provenant de démolition, 9,400 briques	Mémoire.	
Sable réfractaire pour mortier et garnis, 44 m. c. 25	531 fr.	00
Sable noir de fonderie pour mortier ordinaire, 2 m. c. 50	Mémoire.	
Briques rouges ordinaires pour le même travail, 3,500 briques . . .	52 fr.	50
Fer feuillard pour 3 cercles entourant la galerie des gaz, 235 kilogrammes.	51	70
Briques réfractaires pour la construction de la cheminée, 400 briques.	24	00
Briques rouges ordinaires pour la construction de la cheminée, 8,000 briques.	120	00
Sable pour mortier, 7 m. c. 50	74	00
Fer feuillard pour cercler la cheminée, 243 kilogrammes	53	45

Soit, avec les faux frais et la valeur des vieux matériaux, pour toutes dépenses de main-d'œuvre et de fournitures, environ 12,000 francs.

En résumé, il a été employé pour cette reconstruction intérieure, les matériaux suivants, neufs ou vieux :

23 mètres cubes.	— Grès du Creusot.
2.975	— Grosses briques réfractaires neuves.
4.287	— — — — vieilles.
16.480	— Petites briques réfractaires, neuves et vieilles, cassées ou à coin.
19.970	— Briques rouges ordinaires.
14 mètres cubes.	— Sable vieux mortier noir.
69 m. c. 40.	— Sable neuf réfractaire.
478 kilogrammes.	— Fers.
32.901 kilogrammes.	— Fontes pour maratres à remplacer, garnitures des tuyères, tympes, cornettes, etc.

Le fourneau n° 4, accolé au fourneau n° 5, a été *remonté* à peu près dans les mêmes conditions. La halle de coulée, pour ces deux fourneaux, démolie, reconstruite et agrandie aux dimensions de 30 mètres sur 18m,50, a été établie, à la journée, par le service des ouvriers de l'usine, pour un prix de 12,000 francs environ, décomposé comme suit :

Main-d'œuvre de toutes sortes : maçons, couvreurs, manœuvres, charpentiers, etc.			2.646 fr.	50
418 mètres cubes de maçonnerie, à 500 briques par mètre cube, soit 209,000 briques ordinaires, représentant	2.673 fr.	00		
Mortier, sable à briques, pour les 418 mètres cubes ci-dessus, 160 mètres cubes à 0 fr. 38.	60	80	3.295	70
Blocailles épincées ou blocailles brutes, 26 m. c. 34, à	131	70		
Mortier à chaux pour blocailles, 17 mètres cubes . 4 fr. 60	78	20		
Couverture, 17,600 pannes.	352	00		
A reporter. . . .			5.942 fr.	20

Report	5.942 fr.	20
Bois de charpente (sapin rouge).	2.200	00
Fontes diverses employées dans la construction, 2,192 kilogrammes à 25 francs.	548	00
Tôlerie et fers divers employés dans la construction, 6,597 kilogrammes à 50 francs.	3.298	50
Total.	11.988 fr.	70

Un réservoir d'eau, en fonte, à base rectangulaire de 8 mètres sur 1m,50 de base et 5 mètres de hauteur, pour alimenter le service des fourneaux et de la halle a coûté :

Main-d'œuvre	414 fr.	75
Matériaux pour soubassement, fondations, etc.	663	20
Fontes pour enveloppes par plaques assemblées, 12,480 kilogrammes à 25 francs.	3.120	00
Fers pour boulons, armatures, 365 kilogrammes à 50 francs	182	50
	4.380 fr.	45

Deux appareils à chauffer l'air du type, dit *de Charleroi*, à double cylindre, formant une surface annulaire intérieure, réunis dans un même massif, avec cheminée unique, pour servir aux deux fourneaux nos 4 et 5 :

Main-d'œuvre de maçons, forgerons, monteurs, etc.	843 fr.	25
Matériaux : briques rouges, briques réfractaires, moellons, etc . . .	412	60
Fontes : 16,900 kilogrammes à 25 p. 0/0 kilogrammes.	4.225	00
Tôlerie et fers : 1,672 — à 50 p. 0/0 —	836	00
Total.	6.316	85

Le fourneau n° 5, dont nous venons de parler, à été refait presque en entier à l'intérieur, de la sole au gueulard. Le creuset en pierres du Creusot, comportait cinq assises, savoir :

Assise A, posée sur la sole, 5 pierres fournissant	5 m. c.	89
Assise B, posée sur la première, entre l'appui des tuyères et le chapeau, 4 pierres.	2	94
Assise C, comprenant le chapeau des tuyères, 5 pierres	5	58
— D, posée sur la précédente, 6 pierres.	6	29
— E, recevant la naissance des étalages, 6 pierres.	6	69
Ensemble : pierres brutes.	27 m. c.	39

qui pesaient ensemble 72,625 kilogrammes et ont fourni après la taille 24 m. c. 68, soit 2 m. c. 71 déchet de taille.

Le fourneau n° 4, moins avarié que le n° 5, a été restauré en même temps, avec beaucoup moins de frais. Tout le travail de démolition et celui de reconstruction, se sont élevés à une dépense de 1,368 fr. 90, comme frais de main-d'œuvre, comprenant le montage des assises en pierre et en briques, le raccordement de la cuve avec les étalages, la taille des pierres et de la brique, la façon et la pose des garnitures en sable et des fontes aux embrasures des tuyères, la réfection des prises de gaz. Dans ce fourneau, on n'a pas eu à refaire en entier la chemise, ni les galeries de prise des gaz, non plus les dispositions et la cheminée du gueulard.

Nous nous bornerons à donner le détail de la mise en feu, de ce dernier appareil qui, moins complètement réparé que le n° 5, a nécessité moins de séchage.

On a commencé par chauffer doucement, avec du bois, sur la grille du four de séchage pendant douze jours ; puis, on a continué un feu modéré à la houille, pendant vingt jours.

Enfin, on a forcé le feu jusqu'à faire rougir la voûte du four. Il a été brûlé, pendant la durée du séchage, 55 tonnes de houille environ.

Après sept jours de grillage et 21 grilles, on a mis le vent. Le laitier ne s'est montré que quarante-huit heures après. Et, la première coulée s'est faite seize heures plus tard.

Depuis l'emplissage et la mise en feu, jusqu'au moment où l'on a soufflé, le fourneau a passé, en outre de l'emplissage et du coke employé pour combler les premiers affaissements :

				kilogrammes.
25 charges comprenant		coke de Douchy		12.000
—	—	Castine oolithe	2.772 kilog.	3.266
—	—	— stinkalt	494 —	
—	—	Minerai carbonaté de Bainghen grillé	4.800 —	6.390
—	—	Malassise	1.130 —	
—	—	Trésorerie et Pichevert	460 —	

Du moment où le vent a été mis, jusqu'à la première coulée, 34 charges ont été faites, se composant ensemble de :

		kilogrammes.
Coke de Douchy et Bracquegnies		16.320
Castine oolithe	4.090 kilog.	6.940
— stinkalt	2.850 —	
Minerai grillé, Bainghen	295 bacs	
— cassé, Malassise	174 —	
— lavé, Pichevert et Trésorerie	83 —	
Ensemble 552 bacs, pesant		12.144

	kilogrammes.
La première coulée a produit en fonte grise surcarburée, dite *plombée*. . .	910
La deuxième, faite 24 heures après, même fonte	1.438
La troisième, — —	1.325
La quatrième, — —	1.690
La cinquième, — —	1.425

Les charges suivantes ont été grossies successivement et vers la 15e coulée, le fourneau commençait à donner par vingt-quatre heures, 5 à 6,000 kilogrammes, pour atteindre à son produit normal de 9 à 10,000 kilogrammes, un mois après le soufflage.

En résumé, on a usé, pour amener le fourneau au moment de l'introduction du vent : 44,320 kilogrammes de coke, 3,718 kilogrammes de castine passée en partie dans les fausses charges, et 6,390 kilogrammes de minerai.

Dans les 44,320 kilogrammes de coke employés, il faut compter 29,920 kilogrammes de coke d'emplissage, avant le chargement de la mine, 12,000 kilogrammes avec la mine et 2,400 kilogrammes pour combler des affaissements pendant les grilles.

Les 50 premières charges, ont été disposées comme suit :

			kilog.		kilog.		kilog.		kilog.
5	charges :	Coke,	480.	Oolithe castine,	88.	Stinkalt,	22.	Minerai,	192
5	—	—	—	—	—	—	44	—	240
10	—	—	—	—	110	—	44	—	290
10	—	—	—	—	—	—	66	—	388
10	—	—	—	—	—	—	88	—	435
10	—	—	—	—	130	—	88	—	480

Ces charges, étant augmentées d'importance par dixaines successives, la centième charge comprenait :

kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
Coke, 480.	Castine oolithe, 220.	Castine stinkalt, 140	Minerai, 750

L'ouvrage du fourneau dont nous parlons avait été reconstruit en pierres anglaises, jusqu'à la deuxième assise des étalages ; ceux-ci, jusqu'au ventre, étant continués en briques réfractaires de Saint-Omer.

La sole était composée de trois pierres quartzeuses, dites *Puddings de Huy*. Les pierres anglaises ayant été atteintes au séchage ont éclaté d'une manière sensible dans les deux assises formant la naissance des étalages. Cependant, l'allure du fourneau ne s'est pas ressentie en principe, de cet accident.

Cette mise en feu, n'a pas été très réussie. La qualité des pierres, venues d'Angleterre, n'était pas bien bonne, de même, celle des briques de Saint-Omer. Les étalages n'ont pas résisté.

Nous avons eu des mises en feu plus satisfaisantes, entre autres, celle du fourneau n° 1, en 1852, dont je dirai quelques mots.

Mise hors. — Le 30 juillet, à dix heures du soir, on a cessé de charger. Le 2 août, à neuf heures du matin, le fourneau était vidé. La démolition intérieure a commencé le 25 août, pour finir le 23 septembre.

La reconstruction, mise en train le 24 septembre, était terminée le 24 décembre. La cheminée du gueulard reconstruite, a été commencée le 31 janvier suivant, pour être finie le 6 février. La construction de l'appareil à air chaud, a duré deux mois.

Pour diverses causes dans les périodes ci-dessus, le travail a été quelquefois interrompu.

Le four de séchage a été allumé le 18 décembre et a brûlé du bois jusqu'au 2 janvier.

A partir de cette époque, on a consommé de la houille.

Le 9 mars, après avoir brûlé à feu couvert 8,960 kilogrammes de houille, le four de séchage a été démoli et le fourneau a été empli. Le travail intérieur du fourneau, avait été complètement refait. La sole en pierres de Huy; le creuset, l'ouvrage et les étalages en pierre de Dudley. La cuve a été construite, pour les dix premières assises, en briques d'Andenne. pour les autres assises en pierres de Belgique, assorties par appareils; la chemise a été reconstruite en briques ordinaires du pays. Entre la cuve et la chemise, on a placé une couche de sable réfractaire bien *damée*, sur une épaisseur de $0^m,12$; entre la chemise et la masse, une couche de laitier concassé à l'épaisseur moyenne de $0^m,80$ à $0^m,90$.

La première grille, a été faite le 10 mars au matin.

Du 10 au 15 mars, on a fait 22 grilles.

A la vingt-deuxième grille, la castine et la mine commençant à apparaître, on a garni le creuset de fraisils et de charbon de bois; puis après avoir placé les tuyères et la dame, le vent a été mis au fourneau sous la pression de 2 centimètres 1/2, avec busillons de 80 $^m/_m$:

	kilog.
La première coulée a été faite à 46 charges le 16 mars et elle a donné en fonte surcarburée très cassante	1.060
La deuxième coulée, faite à 25 charges le 17, a fourni.	2.030
La troisième faite à 22 charges, le 18, a donné	2.815

La température du vent, étant tenue entre 100° c et 130° c, au maximum :

	kilog.
Le coke chargé, avant l'introduction du minerai, comprenait emplissage partiel.	24.960
Avec 100 kilogrammes environ de castine par charge, 10 charges . . .	4.800
6 charges pour garnir les affaissements	2.800
Quand on a commencé à charger le minerai, on a mis 14 charges pour achever l'emplissage, comprenant.	7.720
Soit, en tout, pour emplir le fourneau.	40.280

Au moment où l'on a soufflé, le feu était parfaitement allumé partout et avait monté jusqu'à la surface du gueulard. Après le vent, les charges ont commencé par se suivre sans interruption et sont descendues très régulièrement et très également.

Les proportions de charbon demeurant les mêmes, soit 480 kilogrammes par charge, la composition des charges a été celle-ci :

		kilog.		kilog.		kilog.	
10	charges,	à 100	Castine oolithe,	20	Stinkalt	280	minerai
10	—	à 100	—	40	—	290	—
20	—	à 100	—	95	—	410	—
20	—	à 135	—	120	—	480	—
30	—	à 150	—	140	—	590	—
30	—	à 200	—	140	—	690	—
30	—	à 200	—	160	—	770	—

A la suite de cette mise en feu, j'ai constamment eu une excellente allure et le fourneau vivait encore huit ans après. Après avoir eu divers accidents sans gravité, des réparations en marche, telles que remplacement de costières et de tympes, sauf des exceptions très rares, son allure ne se montra pas sensiblement troublée.

J'avais du reste, obtenu de semblables résultats, avec le fourneau n° 3, mis en feu deux ans auparavant, en 1850 ; on trouvait alors que j'allais trop vite. La mise en feu du fourneau n° 5, dont j'ai parlé parlé plus haut et qui a été longue et difficile, m'a montré, qu'avec un fourneau bien chaud après les grilles et au moment de mettre le vent, on peut pousser les charges plus vivement, que cela se fait ordinairement.

Je sais bien que dans les hauts-fourneaux au coke, le temps de la descente des charges est plus long et que les rectifications dans l'allure sont plus graves, en cas d'aventure ; mais, il suffit pour se guider de bien se rendre compte de la marche graduelle de la température, en divers points de la hauteur du fourneau, notamment au gueulard, aux tuyères, dans l'ouvrage et dans le creuset.

Nous compléterons les données ci-dessus (sauf à revenir sur les aménagements et la production de Marquise, quand nous parlerons des fonderies de deuxième fusion), par quelques indications sur l'appareillage des pierres et des briques nécessaires au montage intérieur

d'un haut-fourneau. En se reportant aux figures 20. A à J, pl. 6, on pourra remarquer que le creuset, sans comprendre la table de sole, est composé de 9 assises, pour monter jusqu'au ventre, soit :

		Mètres.	Mètres cubes.
A.	Pierre de sole en trois parties	de 0.60 à 0.65 épaisseur. . .	3.60
B.	Première assise en trois parties	de 0.45 épaisseur	3.25
C.	Deuxième — en quatre —	de 0.05 —	2.16
D.	Troisième — en cinq —	de 0.55 —	2.75
E.	Quatrième — en six —	de 0.50 —	2.50
F.	Cinquième — en six —	de 0.50 —	3.62
G.	Sixième — en six —	de 0.45 —	3.95
H.	Septième — en huit —	de 0.45 —	3.95
I.	Huitième — en neuf —	de 0.30 —	2.64
J.	Neuvième — en dix —	de 0.30 —	2.78
		Ensemble	31.20

Les briques de la chemise intérieure, ou de la cuve, se répartissant comme suit :

					Mèt. cubes
Type n°	1. Assise, posée sur la cornette en fonte qui s'appuie sur la dernière assise en pierre .	60	briques	de 0.150 épaisseur	1.218
—	2. Deuxième assise.	61	—	de 0.160 —	1.191
—	3. Deux assises	122	—	de 0.150 —	2.393
—	4. Trois —	183	—	de 0.160 —	3.813
—	5. Une assise	61	—	de 0.160 —	1.271
—	6. —	61	—	de 0.160 —	1.293
—	7. —	60	—	de 0.16. —	1.300
—	8. Treize assises.	715	—	de 0.104 —	6.452
—	9. Douze assises.	548	—	de 0.104 —	5.358
—	10. Dix assises.	450	—	de 0.100 —	4.133
—	11. Quatorze assises.	546	—	de 0.100 —	3.122
—	12. — —	476	—	de 0.100 —	2.747
		Ensemble, mètres cubes.			34.291

A partir de la septième assise, le même type de briques a été employé pour plusieurs rangées successives et l'on a eu soin de conserver, partout des joints à recouvrements croisés.

La vue des figures suffira du reste, pour compléter ce qui nous resterait à dire.

Ces éléments, étendus ou restreints, à volonté, peuvent servir de base, pour le tracé général de l'appareil intérieur d'un haut-fourneau, grand ou petit, les briques ou les pierres ne pouvant en tout cas, avoir beaucoup plus, comme épaisseur, que ce qui est indiqué.

Outillage des fourneaux. — Nous avons donné plus haut la nomenclature des outils nécessaires pour un haut-fourneau au charbon de bois. Peut-être, convient-il de noter ici le détail succinct de l'outillage d'un haut-fourneau au coke, tel que ceux de Marquise. Cet outillage peut se composer de :

Six gros ringards, pour travailler à l'avant-creuset et douze plus petits assortis;

Deux ringards et deux crochets, pour travailler aux tuyères;

Trois à quatre crochets, pour tirer le laitier;

Trois crahauts ou tampons à plaque, pour maintenir les bouchages pendant les coulées;

Douze à quinze petits ringards ou perçoirs pour donner la fonte aux coulées;

Deux coquilles et une cuiller, pour les essais de fonte avant les coulées;

Un petit appareil dit de Monge et ses accessoires pour les essais donnant la note de la résistance de la fonte;

Divers tableaux à marquer les charges, les heures des coulées et autres indications demandées par le directeur;

Une ou plusieurs grosses barres à casser les bouchages et à attaquer les *loups;*

Quelques séries de masses, marteaux, grands ciseaux, leviers, bouchons et tampons, pour les besoins du service;

Un jeu de gueuses, des marques, un rable, des pelles et des pioches pour le service des coulées à découvert;

Des brouettes, bacs, wagonnets, pelles et le petit matériel nécessaire, pour le service des fondeurs et des chargeurs;

Enfin, comme appareils de constatation, des compte-tours, des manomètres, des pyromètres, des sonneries, des bascules, tels qu'il en existe dans les usines bien organisées et suivant qu'on les trouve chez les fabricants spéciaux.

Usines de Terre-Noire, Lavoulte et Bessèges. — Nous donnerons rapidement quelques indications sur les usines de cette Société et surtout pour ce qui concerne la fonderie. Ces indications ont du reste, été fournies par la Compagnie au jury et au public à l'occasion de l'Exposition de 1878.

Les usines dites *du Groupe de la Loire,* possèdent trois hauts-fourneaux marchant en fontes *Bessemer* et *Spiégel,* des fours à pudler et à réchauffer, des laminoirs et des marteaux-pilons pour la fabrication du fer et de l'acier. Une fabrique d'acier, par les procédés Martin, et une fonderie donnent environ 1,500 tonnes de mouleries en acier pour projectiles et pièces de l'artillerie.

Les usines du Gard comprennent quatre hauts-fourneaux qui produisent annuellement 40,000 tonnes de fonte grise, Bessemer et Spiégel, traitées à Bessèges.

Enfin, le *Groupe d'Alais* a six hauts-fourneaux dont une partie est consacrée à la fonte à fer; plus les forges, les aciéries *Siemens-Martin* et la fonderie d'Alais. A Alais est concentrée la fabrication du coke qui emploie 106 fours dont moitié, environ, en activité, lesquels produisent 36,000 tonnes dans l'année.

Les minerais traités sont ceux des concessions de Lavoulte et de Rives (Ardèche), de Bessèges et d'Alais (Gard).

Plus, des minerais d'Espagne et d'Algérie, en même temps que quelques minerais des Pyrénées-Orientales, de l'Aude, etc. Nous avons cité précédemment des résultats d'analyse d'un certain nombre de ces minerais.

La fonderie de Bessèges a trois machines à vapeur, donnant ensemble 50 chevaux. Elle fabrique des coussinets et divers travaux de matériel fixe pour les chemins de fer, plaques tournantes et autres. Elle livre à l'industrie des boulons, des crampons et des ferrures pour wagons, etc.

Sa production annuelle, en moulage, est d'environ 4,000 tonnes. Le montant des travaux mécaniques s'élève, en moyenne, à 3,000 tonnes de fonte, fer et tôle travaillés.

La fonderie et les ateliers d'Alais s'occupent plus spécialement de ponts et constructions en fonte et en fer, en même temps que de quelques moulages divers. L'usine d'Alais emploie 142 chevaux-vapeur. L'importance de sa fabrication, en fonte moulée, est de 2,500 tonnes environ.

Les hauts-fourneaux de Lavoulte, au nombre de quatre, munis d'appareils à chauffer l'air du système *Cooper-Siémens,* coulent annuellement 2,200 tonnes de fonte blanche ordinaire et 16,000 tonnes de fonte grise pour moulages. Ils ont trois machines à vapeur représentant ensemble 600 chevaux.

La fonderie de Lavoulte, qui possède une force motrice d'environ 100 chevaux-vapeur, produit 15 à 16,000 tonnes de moulages en pièces diverses, projectiles et tuyaux de toutes dimensions pour eau et gaz.

Usines de Commentry-Fourchambault. — Les renseignements qui suivent sont puisés, comme les précédents, dans une notice publiée en 1878. Nous ne parlerons ni des mines de Commentry et de Monvicq, ni des forges d'Imphy et de Fourchambault, ni des chemins de fer exploités par la Compagnie, nous bornant à relater quelques indications sommaires sur les produits de Commentry-Fourchambault.

Les usines métallurgiques de la Société, font une consommation annuelle des matières premières, dont le détail suit :

Combustibles. — 3,500,000 hectolitres de houille, provenant des mines

de Montvicq et de Commentry; 30,000 hectolitres de charbon de bois exploités dans le Berry;

Minerais. 60,000 mètres cubes de minerais, exploités dans l'arrondissement de Bourges et dans la vallée de l'Aubois; 32,000 tonnes de minerais dont 19,000 tonnes importées d'Espagne (particulièrement de la Bidassoa); 8,000 tonnes d'Algérie (Mokta-el-Had'el) et 5,000 tonnes de l'île d'Elbe.

Castine. 50,000 mètres, exploités dans les environs des usines; sables de moulages, 150,000 hectolitres extraits également dans le voisinage des usines.

L'exploitation de la mine de Commentry a un atelier de construction de quelque importance, des ateliers de lavage des charbons et 195 fours à coke. La puissance totale des machines à vapeur, de la houillère et de ses annexes, est de 915 chevaux-vapeur.

La houillère de Montvicq possède deux lavoirs *Forey*, pour les charbons et 35 fours à coke.

La fonderie de Fourchambault, travaillant en deuxième fusion produit des moulages variés employés presque exclusivement dans les ateliers de construction de cette usine, lesquels ont une grande importance. On y fabrique principalement des essieux et des roues de wagons, même des wagons; des appareils fixes de voie, tels que : plaques tournantes, grues, signaux et appareils de manœuvre, distributions d'eau, etc.; des affûts, des caissons et des projectiles, des canons en bronze, des ponts en fer et de la chaudronnerie; enfin, toutes espèces de constructions métalliques, fer et fonte, pour halles, marchés, ponts, aqueducs, etc.

L'outillage est mis en mouvement par 8 machines à vapeur fournissant ensemble 235 chevaux, sans compter la force de 100 chevaux représentée par les marteaux-pilons.

La fonderie de Fourchambault livre, annuellement, environ 4,500 tonnes en fontes moulées diverses et 5,000 tonnes de travaux métalliques, fer et tôle. Ces 9,500 tonnes se décomposent ainsi :

Pour les chemins de fer.	4.500 tonnes.	9.500 tonnes.
Pour l'artillerie, la guerre et la marine	1.500 —	
Pour les ponts et chaussées	500 —	
Pour les constructions, le commerce et l'exportation.	2.500 —	
Pour les usines de la compagnie . .	500 —	

La fonderie de la Pique, ancienne usine Raffin, qui a supprimé son haut-fourneau et ne fait plus que de la deuxième fusion, produit par année :

Fontes moulées pour les chemins de fer . . .	300 tonnes.
— pour l'agriculture	950 —
— pour le commerce	750 —
Ensemble.	2.000 tonnes.
Auxquelles, il faut ajouter: ferrures, pièces de forge et essieux . . . . . environ.	1.000 tonnes.
Ensemble.	3.000 tonnes.

L'outillage est desservi par trois machines à vapeur et deux roues hydrauliques, donnant ensemble 50 chevaux.

La fonderie possède deux cubilots.

L'usine de Montluçon, qui ne travaille qu'en fonte brute, produit :

Fonte ordinaire en gueuses	40.000 tonnes.
Fonte Bessemer	14.000 —
Ferro-manganèse.	3.000 —
	57.000 tonnes.

L'Usine de Montluçon apporte en outre, chaque année, un contingent d'environ 4,000 tonnes de moulages.

Les hauts-fourneaux et fonderies de Torteron comprennent : trois hauts-fourneaux, trois cubilots et soixante-neuf fours à coke. Les gaz des hauts-fourneaux sont utilisés pour le chauffage des appareils à air chaud, des générateurs et des étuves.

La fabrication des fontes moulées, en première et en deuxième fusion, comporte, entre autres, une importante spécialité de tuyaux de conduite d'eau et de gaz, coulés debout et un outillage perfectionné pour l'exécution des projectiles.

La production en moulages, non compris la fonte brute, est à Torteron :

En tuyaux et pièces diverses pour le commerce et les chemins de fer	6.600 tonnes.
Projectiles pour l'artillerie.	2.500 —
Tuyaux pour l'exportation.	2.000 —
Fontes pour constructions et pour agriculture.	900 —
Total.	12.000 tonnes.
Plus, des fontes en gueuses pour deuxième fusion	13.000 —
Total.	25.000 tonnes.

Les fourneaux de Torteron ont une hauteur de 13^{m},50 à 14 mètres, avec 1^{m},10 environ de diamètre au gueulard. Ils produisaient, quand je les ai visités, 7 à 8 tonnes par jour en fonte de moulages avec une consommation de 1,250 à 1,350 kilogrammes coke et charbon de bois, par tonne de métal. L'air était chauffé à 240° environ.

Ils avaient alors leurs appareils pour prises de gaz installés par Thomas et Laurens. C'est-à-dire : trémie ou cylindre plongeant, gueulard clos avec fermeture hydraulique, cloches en tôle se soulevant à charnières à l'aide d'une chaîne et d'un contre-poids. Cette disposition de fermeture a été du reste appliquée pour la première fois à l'usine de Torteron.

Les tuyaux de descente des gaz ont 0m,50 de diamètre. Toutefois, dans les distributions entre les appareils, ils n'ont que 0m,35, ce qui m'a paru insuffisant. Voir fig. 8, pl. 8, la disposition de la fermeture dite de *Torteron*, aujourd'hui perfectionnée, mais conservée en principe pour les fourneaux qui marchent à gueulard fermé, avec ou sans cylindre-trémie, comme avec ou sans galeries circulaires.

Nous reviendrons ultérieurement, quand nous parlerons des fonderies de deuxième fusion, sur l'établissement de Torteron, aujourd'hui très important comme fabrication des tuyaux et des moulages de commerce.

Usine de Mazières, près Bourges. — A l'époque où j'ai visité Torteron, les fourneaux de Mazières marchaient à gueulard fermé sans cylindre, avec un couvercle à charnière, reposant sur un joint à sable. Ils prenaient les gaz par une galerie circulaire à plusieurs ouvertures, dans le massif. L'un des fourneaux travaillait au mélange de coke et de charbon de bois à raison de 400 kilogrammes par charge dont 300 kilogrammes coke et 100 kilogrammes charbon de bois. On passait jusqu'à 40 à 45 charges par vingt-quatre heures et l'on trouvait que la fermeture simple était sans intéret, en ce sens, qu'elle demeurait trop souvent ouverte.

On usait des minerais en grains du Berry, entraînant beaucoup de poussières, ce qui nécessitait des appareils de lavage et de nettoyage, où l'on employait l'eau, comme moyen obturateur. Les gaz chauffaient l'air de ces appareils à 240 ou 250°, en même temps que deux chaudières à bouilleurs de 30 chevaux, chacune.

La machine soufflante, construite par Cail, à disposition horizontale avec un seul cylindre soufflant, était calculée sur la force de 60 chevaux, en vue de deux fourneaux de 13 mètres de hauteur et 1m,20 diamètre du gueulard. Pour un seul fourneau, il lui suffisait de marcher entre 14 et 15 tours par minute.

La pression aux deux tuyères variait entre 0,045 et 0,060 de mercure.

L'usine de Mazières a fait, pendant des années, sous la direction intelligente d'Estoublon, son directeur, de magnifiques moulages consacrés notamment aux travaux publics. On lui doit une grande partie des fontes des Halles centrales et de divers marchés à Paris et en France, des travaux de fontes moulées remarquables pour les constructions métalliques des Expositions de 1855 et 1878. Aujourd'hui, cet établissement paraît s'é-

carter du moulage, du moins en partie, pour se livrer plus exclusivement à la production des fontes grises destinées à la deuxième fusion. Ses fontes, comme celles que produisait Fourchambault dans le temps, sont, au reste, de qualité recherchée.

Hauts-fourneaux de Montluçon. — Si nous résumons pour les usines qui suivent comme pour celles de Torteron et de Mazières quelques notes de voyage, déjà lointaines, c'est autant pour faire servir ces notes à l'histoire de la fonderie que pour montrer jusqu'à quel point les appareils de fabrication de la fonte ont été, comme tout ce qui touche à la métallurgie, transformés de nos jours.

Les hauts-fourneaux de Montluçon, ancienne direction Guérin, marchant en fontes de moulages, avaient successivement modifié et simplifié les appareils Thomas et Laurens. Ils employaient la galerie circulaire, à doubles ouvertures inclinées vers l'intérieur du fourneau, et avaient supprimé toute fermeture.

Le directeur trouvait que la fermeture n'avait pas eu une grande influence sur la qualité des fontes ; mais qu'elle pesait beaucoup sur les résultats de la consommation.

Voici quelques chiffres que j'ai relevés sur les livres de cette usine et qui ont trait à un travail complet de trois mois, avec marche à gueulard fermé, et de trois autres mois, à gueulard ouvert.

Fourneau n° 2. Marche en fonte de moulage :

Avec la fermeture, 1,650 à 1,750 kilogrammes de charbon par tonne de fonte grise, serrée et truitée, 1,100 kilogrammes de minerai ;

Sans fermeture, 1,555 kilogrammes charbon et 1,150 à 1,200 kilogrammes de minerai ;

Fourneau n° 4. Marche en fonte à moulages ;

Avec la fermeture, 1,600 kilogrammes charbon et 1,100 kilogrammes de minerai par tonne de fonte grise et truitée ;

Sans la fermeture, 1,450 kilogrammes charbon et 1,100 à 1,150 kilogrammes de minerai.

On renonçait, ne fermant pas, à recueillir le maximum de gaz afin d'un autre côté, de dépenser moins de charbon.

En somme, il y avait dans cette usine un parti pris, raisonné d'ailleurs, de simplifier autant que possible des appareils, en principe, généralement trop compliqués.

On n'employait plus les buses distributrices dans les foyers, et l'on avait supprimé les laveurs pour appliquer des tuyaux de grand diamètre avec augets ou avec disposition Gibon.

Les appareils de cette usine étaient de l'ancien type Calder. Ils ne chauffaient l'air qu'à 120 ou 140°, les fontes, prétendait-on, perdant de leur qualité lorsque le vent dépassait cette limite. Il y avait loin de

cette idée à celle préconisée aujourd'hui par quelques usines qui chauffent l'air à 4 et 500°.

Les machines soufflantes étaient du système de Watt. Une machine de 60 chevaux pour deux fourneaux. Chacune d'elles ayant deux cylindres soufflants, l'un conduit directement par le balancier, l'autre par un excentrique placé sur l'arbre de la manivelle; tous deux perchés sur une charpente au-dessus du mouvement. En somme, disposition défectueuse, donnant beaucoup de secousses et comportant un entretien dispendieux. La Compagnie nouvelle a dû changer cela.

Les hauts-fourneaux ont une hauteur de 15 mètres.

Le diamètre au ventre est $4^{m},20$; au gueulard 2 mètres.

Les ouvrages sont montés ronds, en petites pierres du pays, dont les plus grosses peuvent cuber environ $0^{m^3},05$. La pression se tient entre 0,04 et 0,06 de mercure.

Les matières premières sont particulièrement soignées.

Les minerais bien nettoyés et mélangés; les cokes obtenus avec du charbon lavé de Commentry, carbonisé en partie dans des fours dont les flammes perdues chauffent des chaudières, partie en fours ronds découverts. On fait, dans ces derniers, une fournée par vingt-quatre heures.

On se débarrasse des laitiers en les faisant écouler dans de grands bacs à eau où ils se divisent en fragments menus et en poudre assez fine. De là, ils sont entraînés dans une grande fosse où ils séjournent, achèvent de se diviser et sont entrainés dans le Cher dont le courant les emporte assez inaperçus, prétend-on, pour que cette méthode, passablement risquée, puisse gêner les riverains (1).

A l'usine de Saint-Jacques (Montluçon), aujourd'hui dépendant de la Société des forges de Châtillon et Commentry, on n'employait pas non plus de trémies; elles avaient été remplacées par des galeries circulaires avec huit orifices prenant le gaz et placés sur un même rang.

Le gueulard a été muni d'un système de fermeture dont nous avons parlé et qui porte le nom d'appareil *Coingt*.

Ce système permet de recueillir la plus grande partie des gaz, en ce qu'il laisse le gueulard fermé le plus possible; mais, il doit être sujet à se détraquer; et de plus, il empêche de surveiller l'allure du fourneau à l'aide de l'aspect du gueulard et de la descente des charges.

Il n'y a qu'un seul nettoyeur, placé à l'endroit où viennent se réunir les gaz des deux fourneaux dans un tuyau commun de $0^{m},75$ de diamètre.

(1) Remarquer que ces notes peuvent rappeler certains détails qui n'existent sans doute plus aujourd'hui.

Les appareils à air chaud sont du système Calder. On y chauffe l'air à 240° ou 260°. L'air est lancé au fourneau à la pression de 0,07 à 0,08 de mercure.

Une machine horizontale de Cavé, à deux cylindres soufflants et de la force de 120 chevaux, fait marcher quatre fourneaux produisant, suivant l'allure, chacun 10 à 13 tonnes par jour, les uns en fonte de moulages pour coussinets et pièces d'entretien de la forge de Saint-Jacques, les autres en fonte d'affinage.

Cette soufflerie unique était très tendue pour quatre hauts-fourneaux. Elle fonctionnait à la pression de 5 atmosphères et faisait 15 à 16 tours par minute. A l'époque, deux nouveaux fourneaux étaient en construction, et une deuxième machine de 120 chevaux se trouvait en montage. On doit avoir aujourd'hui, en supposant qu'on n'ait rien fait de plus, une situation meilleure avec une machine par trois fourneaux.

On marchait alors à Saint-Jacques, comme à Montluçon et à Commentry, à tuyères fermées. Les gueulards des fourneaux de Saint-Jacques étaient desservis par un poste de huit hommes.

Les quatre fourneaux ont une hauteur totale de 15 mètres, avec 1m,20 à 1m,30 de diamètre au gueulard. Trois d'entre eux, d'un diamètre au ventre de 2m,20, prenaient par charge 400 kilogrammes de coke. Le quatrième, plus grand (2m,80 au ventre), comportait 600 kilogrammes de coke par charge.

On doit mettre à Montluçon et à Saint-Jacques, 32 à 35 p. 0/0 de minerai par tonne de fonte produite.

La machine à vapeur était alimentée par une batterie de six chaudières de 11 mètres de longueur et de 1 mètre de diamètre, sans bouilleurs. Les huit appareils à air chaud et une étuve étaient chauffés par les gaz des gueulards.

Aux forges de Commentry, cinq fourneaux existaient alors, dont trois en feu. Ces fourneaux de 15 mètres de hauteur, 3m,50 de diamètre au ventre, 2m,50 de diamètre au gueulard, produisaient 15 à 18,000 kilogrammes par jour, en fonte d'affinage. Absolument poussés vers un excès de production, ils marchaient mal et étaient sujets à toutes sortes d'accidents. A la même époque, ces fourneaux étaient servis par deux machines de Cavé, l'une de 80 chevaux, horizontale et oscillante, à deux cylindres soufflants, d'un système antérieur à celui de Montluçon ; l'autre, de 60 à 70 chevaux, verticale et oscillante, à 4 cylindres soufflants. Cette dernière machine était défectueuse, et souvent en réparation.

Usines de Pont-à-Mousson. — Ces établissements, fondés en 1856, appartiennent, bien que sur la nouvelle frontière française, à une Société allemande. Ils emploient du coke de Sarrebruck et des minerais de la

Moselle. Nous nous contenterons de résumer, les chiffres indiqués par la direction de ces usines, lors de la dernière Exposition. Les établissements possèdent quatre hauts-fourneaux, dont deux marchant en affinage et deux en moulages, pouvant produire ensemble 60,000 tonnes de fonte.

Les moulages en première et en deuxième fusion atteignent 20,000 tonnes. Ces chiffres sont peut-être discutables.

La production annuelle des fourneaux en 1863, ne dépassait pas 8 à 9,000 tonnes ; celle des fontes moulées 2,400 tonnes.

On extrayait alors 30,000 tonnes de minerai. Aujourd'hui, on en extrait 137,000 tonnes environ.

Le nombre d'ouvriers, qui était de 250, dépasse à présent 1,100. Quinze machines à vapeur diverses, représentant une force de 550 chevaux environ, alimentent l'usine.

La surface de l'établissement est de 193,800 mètres carrés, dont 17,600 mètres carrés en bâtiments et ateliers couverts.

Les principaux produits de la fabrication, en dehors des fontes brutes pour affinage et moulage, sont les tuyaux coulés debout, des fontes de construction pour halles, marchés, ponts, etc., des fontes pour usines à gaz et du matériel de chemins de fer, coussinets, plaques tournantes, etc.

Cet établissement a fourni, en 1878, une grande partie des fontes ayant servi aux constructions de l'Exposition, entre autres, de concert avec la fonderie de Tergnier, les charpentes et colonnes de transmission pour les galeries des machines et les annexes.

Les établissements de Pont-à-Mousson présentent un grand intérêt, en ce sens qu'ils ont fait partie du groupe spécial de la Moselle, lequel à peu près le seul en France possédant à la fois, sur place, minerais et combustibles, pouvait produire la fonte à des conditions sans rivales. En effet, depuis le grand-duché de Luxembourg jusqu'à Nancy, s'étendent de vastes dépôts de minerais oolithiques, qui assurent indéfiniment l'existence des hauts-fourneaux de la contrée, en même temps que le bassin de la Sarre, leur fournit abondamment le combustible nécessaire.

Les minerais de la *Marbache* et de *Chevreuse* approvisionnent principalement les hauts-fourneaux de Pont-à-Mousson.

Ces minerais, exploités en puits et en galerie, sont cassés et triés sur place. Ils rentrent à l'usine de Pont-à-Mousson au prix moyen de 5 francs par tonne. Leur teneur en fer donne entre 30 et 40 p. 0/0 à l'essai. Avec des minerais calcinés, ce rendement peut atteindre entre 40 et 50 p. 0/0.

Les minerais contenant peu de silice, soit entre 4 et 5 p. 0/0, sont les plus recherchés pour la fonte à moulage. Quelques-uns donnent à l'analyse jusqu'à 50 et 60 p. 0/0 de peroxyde de fer, avec des propor-

tions variables d'alumine, de chaux et de magnésie. L'analyse indique peu d'acide phosphorique, en général, et ne donne que des traces inappréciables d'acide sulfurique. Les minerais fortement siliceux, à la base de 15 à 20 p. 0/0 de silice, ne donnent pas plus de 30 à 45 p. 0/0, au maximum, de peroxyde de fer.

Deux des hauts-fourneaux de Pont-à-Mousson sont des types anciens, à tour carrée. Ils ont 14m,50 de hauteur totale, et 4 mètres de diamètre au ventre, ce qui nous paraît beaucoup.

Les deux autres, plus modernes, sont composés d'un massif circulaire supporté par des arceaux en ogive que soutiennent des colonnes de fonte. Ils ont 16m,70 de hauteur et 4m,25 de diamètre au ventre. (Leur disposition est indiquée à la figure 7, pl. 8).

La sole et le creuset sont construits en pierres poudingues de Huy (Marchiennes), dont l'analyse donne la composition suivante :

Silice	89.00	100 parties.
Alumine	8.03	
Oxyde de fer	1.00	
Eau et perte	1.07	

On recherche, comme à Marquise, les pierres de Huy, particulièrement pour les tables de sole qui, d'une grande durée, présentent l'avantage de ne pas déplacer le niveau des creusets, chose importante, pour la coulée de la fonte en moules. L'intérieur est construit en briques réfractaires venant d'Allemagne.

Les hauts-fourneaux, qui ne produisaient en 1863 que 10 à 12 tonnes par vingt-quatre heures, ont vu leur production poussée jusqu'à 20 tonnes et au delà.

On a attribué cette augmentation notable, au mode spécial de fermeture et à la surélévation de la température du vent. Le mode de chargement est celui indiqué par la figure 10, pl. 8. C'est la disposition préconisée par nous, ayant été appliquée avec une certaine complication aux fourneaux de Saint-Jacques et que plusieurs usines en France et en Angleterre ont adoptée de préférence, en la modifiant quand les fourneaux doivent marcher à gueulard fermé.

La prise de gaz est faite à la circonférence, au moyen de tuyaux en tôle de 0m,90 de diamètre.

Les gaz traversent une caisse d'épuration froide, où ils déposent leurs poussières dans une trémie qui se vide au moyen d'une soupape à contre-poids.

Trois des machines soufflantes sont du système vertical Cockerill, une autre du système horizontal Farcot. Leurs chaudières à bouilleurs sont chauffées par les gaz qui alimentent non seulement les machines soufflantes, mais les appareils à air chaud et le moteur de la fonderie.

Les porte-vent sont à talons et suspendus aux arcades qui supportent la tour, ce qui permet un abord et un travail faciles aux tuyères. Les tuyères sont en cuivre à double enveloppe.

La maçonnerie des embrasures est protégée par des rafraîchisseurs en fonte à circulation d'eau.

Le coke revient à l'usine entre 28 et 30 fr. la tonne. La composition des charges, variable comme partout, se faisait récemment dans les conditions suivantes (1) :

Charges pour fontes à moulage, A. — Pour fontes d'affinage, B.

MINERAI calcaire	MINERAIS Chevreuse et Liverdun	DÉBRIS	COKE	NOMBRE de charges par jour	NOMBRE de buses	DIAMÈTRE des bassillons	PRESSION	TEMPÉRATURE du vent	RENDEMENT pour cent
kilog.	kilog.	kilog.	kilog.						
A 200	2.300	100	1.300	40	3	110	0,10	400 ••	32 »
B 200	2.800	100	1.300	43	3	100	0,10	400 —	35.16

La dose de castine se tient entre 180 à 220 kilogrammes par charge. Les cokes d'Anzin, de la Sarre ou de la Ruhr employés en mélange, donnent environ 12 p. 0/0 de cendres et 68 p. 0/0 de matières volatiles.

La castine en cailloux roulés provenant des environs de l'usine, contient pour trois sortes diverses :

Silice	0.68	2.76	9.72
Alumine.	0.52	1.40	2.73
Oxyde de fer.	traces	traces	1.01
Chaux.	55.67	53.40	48.98
Magnésie	traces	traces	traces

Les laitiers de fonte grise sont cassés par petits fragments et employés pour l'entretien des chemins. Les laitiers de fonte blanche sont jetés au crassier, quand ils ne sont pas employés comme matériaux de remblai.

Cependant, on emploie les procédés *Minari* que nous avons déjà décrits et qui consistent à éteindre les laitiers dans l'eau.

Le prix de revient des fontes, suivant éléments recueillis en 1876, indique :

(1) Ces derniers renseignements sont empruntés en partie à un travail publié par M. V. Gazan dans les *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils*, 1848.

	Fonte grise.	Fonte blanche.
Coke	57 fr. 98	35 fr. 15
Minerai et castine	16 32	16 25
Main d'œuvre	5 72	5 27
Frais de machine et d'air chaud	2 55	1 92
Réparation et surveillance	5 00	6 36
Frais par tonne de fonte produite.	87 fr. 57	64 fr. 95

C'est à peu près la base des prix de revient des usines de la Moselle, travaillant au coke dans les mêmes conditions, et donnant de la fonte entre 65 à 80 francs par tonne au creuset.

Les frais généraux sont à ajouter à ces prix, d'ailleurs variables suivant les cours de l'élément combustible, lequel donne la note dominante en pareil cas.

Souffleries. — Le directeur des usines de Pont-à-Mousson, M. Rogé a fait un travail intéressant sur la marche des machines soufflantes (1).

Ayant trouvé que les calculs relatifs aux machines soufflantes étaient assez longs, il a réuni les éléments qu'on trouvera dans le tableau suivant et qui donnent :

1° Les quantités de vent à souffler dans les fourneaux, et à engendrer sur les pistons soufflants en fonction des quantités de fonte à produire avec des combustibles différents ;

2° La force en chevaux, nécessaire pour émettre ces quantités d'air et les lancer avec les différentes pressions exprimées en centimètres de mercure et ordinairement usitées ;

3° Les diamètres correspondants des cylindres soufflants pour différentes vitesses de piston ;

4° Le rapport qui doit exister entre le diamètre des cylindres à vapeur et celui du cylindre à vent. En supposant que la machine à vapeur soit à condensation avec une introduction de 1/4 de volume du cylindre et de la vapeur à 5 atmosphères, et en admettant que les courses des deux pistons soient les mêmes, ce rapport est nécessairement en fonction de la pression sous laquelle le vent est lancé ;

5° Enfin, les diamètres nécessaires aux conduites destinées à mener le vent aux tuyaux, en restant dans les limites de vitesses raisonnables.

Il est inutile de donner la marche à suivre pour se servir de ce barême, qui ressemble à tous ceux du même genre. Supposons que l'on ait à établir une soufflerie pour fourneau au coke, marchant en moulage avec des cokes denses du Nord, et devant produire 10 tonnes par

(1) Ces documents sont extraits du *Bulletin de la Société des anciens élèves des Écoles d'arts et métiers.* — Année 1861.

MACHINE

FONTE PRODUITE PAR FOURNEAU par 24 heures						FONTE MISE EN FUSION DANS UN CUBILOT PAR HEURE	AIR EN MÈTRES CUBES A LA TENSION 0 et à la pression de 0m.76		RAPPORT ENTRE LE POUR LES			
AU CHARBON DE BOIS		AU COKE LÉGER DE SARREBRUCK		AU COKE DENSE DU NORD					2	2.15	2.30	2.50
									TRAVAIL ou MOTEUR EN pour les pressions de vent			
de moulage Dammarie	d'affinage de Pont-à-Mousson	de moulage Pont-à-Mousson	d'affinage Pont-à-Mousson	de moulage Seraing	d'affinage Seraing		à introduire dans le haut-fourn.	à engendrer sur le piston soufflant	16	14	12	10
									cent.	cent.	cent.	cent.
2.015	2.420	1.666	2.000	723	1.015	415	10	14	7.0	6.0	5.2	4.3
4.030	4.840	3.333	4.000	1.451	2.025	830	20	29	13.8	12.0	10.3	8.7
6.040	7.260	5.000	6.000	2.177	3.050	1.245	30	43	22.0	18.0	15.6	13.1
8.060	9.680	6.666	8.000	2.902	4.080	1.660	40	52	27.6	24.0	20.7	17.4
10.070	12.100	8.333	10.000	3.627	5.080	2.075	50	72	35.8	30.0	25.9	21.8
12.080	14.520	10.000	12.000	4.353	6.090	2.490	60	86	44.0	36.0	31.0	26.0
14.095	16.940	11.666	14.000	5.098	7.105	2.905	70	100	48.0	42.0	36.0	30.0
16.120	19.360	13.333	16.000	5.804	8.120	3.320	80	115	55.2	48.0	41.4	34.0
18.120	21.780	15.000	18.000	6.529	9.135	3.755	90	130	62.0	54.0	46.5	39.0
20.150	24.200	16.666	20.000	7.255	10.150	4.150	100	144	70.0	60.0	52.0	43.5
24.160	29.040	20.000	24.000	8.706	12.180	4.980	120	175	88.0	72.0	62.0	52.0
28.210	33.880	23.333	28.000	10.157	14.210	5.810	140	200	96.0	84.0	72.0	60.0
32.240	38.720	26.666	32.000	11.608	16.240	6.640	160	230	110.4	96.0	82.8	68.0
36.240	43.560	30.000	36.000	13.059	18.270	7.470	180	260	124.0	108.0	93.0	78.0

SOUFFLANTES

DIAMÈTRE DES DEUX CYLINDRES PRESSIONS DE VENT CI-DESSOUS						DIAMÈTRE DES CYLINDRES SOUFFLANTS pour des vitesses moyennes de piston de :							DIAMÈTRE DES TUYAUX DE VENT pour que la vitesse de l'air chaud ne dépasse pas 6 mètres.
2.65	2.80	3	3.25	3.60	4								
CHEVAUX-VAPEUR DE 75 KILOGRMÈTRES ci-dessous exprimées en centimètres de mercure													
9	8	7	6	5	4	0 m. 50	0 m. 75	1 m. 00	1 m. 25	1 m. 50	1 m. 75	2 m. 00	
cent.	cent.		cent.	cent.	cent.	mètres	mètres	mètres	mètres	mètres	mètres	mètres	
4.0	3.5	3	2.6	2.2	1.7	0.78	0.64	0.56	0.50	0.45	0.42	0.39	200
7.8	7.0	6	5.2	4.4	3.4	1.10	0.91	0.79	0.70	0.64	0.59	0.56	280
11.8	10.5	9	7.8	6.6	5.2	1.40	1.10	0.96	0.86	0.79	0.73	0.68	340
15.6	14.0	12	10.4	8.8	6.9	1.55	1.28	1.10	0.99	0.91	0.84	0.79	395
19.6	17.5	15	13.0	11.0	8.6	1.75	1.43	1.24	1.10	1.00	0.94	0.87	440
23.6	21.0	18	15.6	13.0	10.4	1.90	1.56	1.35	1.21	1.10	1.05	0.96	480
27.0	24.0	21	18.0	15.0	12.0	2.04	1.69	1.46	1.30	1.18	1.10	1.03	520
31.0	28.0	24	20.8	17.4	13.8	2.21	1.80	1.56	1.40	1.28	1.18	1.10	560
35.0	31.0	27	23.3	19.4	15.6	2.36	1.92	1.66	1.48	1.35	1.25	1.18	600
40.0	34.5	30	26.0	22.0	17.5	2.46	2.02	1.75	1.56	1.42	1.32	1.23	635
47.2	42.0	36	31.2	26.0	20.8	2.71	2.21	1.91	1.71	1.57	1.45	1.35	680
54.0	48.0	42	36.0	30.0	24.0	2.93	2.40	2.06	1.85	1.70	1.57	1.46	740
62.0	56.0	48	41.6	34.8	27.6	3.13	2.56	2.21	1.98	1.80	1.68	1.56	790
70.0	62.0	54	46.6	38.8	31.2	3.32	2.80	2.34	2.10	1.90	1.78	1.66	840

24 heures (on sait que pour ces cokes, une pression de vent de 15 à 16 centimètres de mercure est nécessaire), et admettons que l'on ne veuille pas dépasser une vitesse de piston de $1^m,25$ par seconde.

En suivant horizontalement la ligne où se trouve inscrite une production de 10,157 kilogrammes pour fourneau au coke dense en moulage :

Nous trouvons qu'il faut introduire dans ce fourneau	$140^{mc},00$ d'air par minute.	
Que pour cela la machine devra en engendrer.	200 00 — —	
Que sa force en chevaux-vapeur sera de	96 chevaux.	
Que le cylindre souffleur aura un diamètre de	$1^m,850$	Rapport en diamètre 2.
Que le cylindre à vapeur aura un diamètre de	0 925	
Que les tuyaux à vent auront un diamètre de	0 740	

La vitesse étant donnée, et la course en fonction du nombre de tours, si nous admettons 20 tours, cette course sera de $1^m,875$.

Le problème inverse et tous ceux qui en découlent se résolvent avec la même facilité.

Le grand nombre de hauts-fourneaux, dont la marche est souvent compromise par suite d'un soufflage insuffisant, autorise à dire qu'il faut se tenir beaucoup au-dessus de la quantité d'air nécessaire, indiquée par le calcul et par le tableau.

Car un fourneau qui, en marche normale, absorbe $140^{mc},00$ par minute présente bien des circonstances dans sa marche où il serait utile de lui en envoyer $200^m,00$.

Puis, il est très rare que dans les usines, on n'ait pas quelques emprunts de vent à faire à la soufflerie, soit pour des feux de forge maréchale, fours à creusets, cubilots, etc. Les conduites de vent ne sont pas toujours non plus en parfait état.

Ce sont toutes circonstances desquelles on ne tient pas toujours assez compte; aussi, ne devrait-on pas hésiter à augmenter toutes les dimensions de 25 0/0, et, pour cela simplement, à prendre pour base de calcul une vitesse de piston de $1^m,00$. Si l'on construisait une machine telle que l'on puisse, sans le moindre inconvénient, la faire marcher à $1^m,25$ par seconde, on arriverait alors à un diamètre du cylindre soufflant de $2^m,06$ et à un diamètre du cylindre à vapeur de 1,03 qui, à la vitesse de $1^m,00$, donnera la quantité d'air rigoureusement nécessaire et qui, à celle de $1^m,25$, exigerait $180^{mc},00$ aux buses, ce qui ne serait que bien juste dans beaucoup de circonstances.

CONSOMMATION DE COMBUSTIBLE EN KILOGRAMMES

PAR TONNE DE FONTE PRODUITE

Fonte de moulage de Dammarie	1.100	kilog.	charbon de bois.
Fonte d'affinage de Pont-à-Mousson . .	1.000	—	charbon de bois.
Fonte de moulage de Pont-à-Mousson. .	1.750	—	coke d'Altenvald.
Fonte d'affinage de Pont-à-Mousson . .	1.550	—	coke d'Altenvald.
Fonte de moulage de Seraing	2.250	—	coke lavé.
Fonte d'affinage de Seraing	1.700	—	coke lavé.

Consommation du cubilot, 165 kilog. de coke lavé par tonne de fonte produite.

(Cette note complète les indications des sept premières colonnes du tableau, page 256.)

FIN DU PREMIER VOLUME

TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
Avertissement de l'auteur	I
Avis des éditeurs	VIII
INTRODUCTION	X
I. — *Bronze d'art et d'ornementation*	XIV
Le bronze chez les anciens	XIV
Industrie des bronzes	XVII
Questions de fabrication, dessins, modèles, fonte et travail d'achèvement	XVII
Cire perdue	XXIII
Moulage en sable	XXV
Imitations de bronze	XXIX
II. — *Fonte de fer. — Statues, bas-reliefs et ornements.* Premiers emplois du fer et de la fonte	XXXI
Progrès de la fonderie de fer	XXXIV
Premières fontes d'art	XXXVIII
Procédés de fabrication, modèles, moulage, ébarbage, etc.	XL
Choix des matières, minerais, fontes, sables, etc.	XLIV
Fontes étrangères, fontes de Berlin, etc.	XLVII
Revue des fonderies à l'exposition universelle de 1867	XLIX
III. — *La Fonderie aux expositions industrielles en France*	LVIII
Expositions de 1819-1823-1827-1834-1839	LVIII
Fabrique de Paris, en 1839	LX
Situation des fonderies de 1834 à 1839	LXII
Progrès de la fonderie en 1844	LXIV
Situation de la fonderie aux expositions universelles de 1851 à Londres, et de 1855 à Paris	LXVIII
Expositions universelles de 1867 et 1878, à Paris	LXIX

Pages.

PREMIÈRE PARTIE

DE LA FONDERIE DE FER 1
PREMIÈRE FUSION 2
Production de la fonte à moulages dans les hauts-fourneaux 6
Des minerais de fer 7
Situation en France 8
Minerais oxygénés 11
Fer oligiste 12
Fer oxydé rouge 12
Fer hydraté 13
Minerais carbonatés 15
Fers spathiques. — Fers carbonatés lithoïdes 15
Minerais siliceux 16
Classification des minerais suivant leur exploitation et leur emploi en France. — Résultats d'analyses, renseignements généraux, etc 16
Minerais étrangers 56
Essais des minerais 58
Essais par voie sèche, analyses, etc 60
Exploitation des minerais 63
Examen des terrains, recherches à la sonde, etc 64
Lavage 64
Cassage 66
Classement et tamisage 67
Bocardage 69
Patouillets 73
Grillage 74
Fondants 79
Influence des fondants, castine, herbue, etc 80
Combustibles 83
Bois vert, bois torréfié ou charbon roux 84
Charbon de bois. Exploitation, estimation, carbonisation, etc 85
Torréfaction et carbonisation en vases clos 96
Tourbe. — Procédés de carbonisation et d'emploi 96
Houille et coke. — Carbonisation en tas, en fours, etc 98
Anthracite 107
Machines soufflantes des hauts-fourneaux 107
Emploi des gaz dans les hauts-fourneaux 108
Prise des gaz 116
Conduite des gaz 118
Machines soufflantes 118
Régulateurs 127
Ustensiles pour distribuer et régler le vent 128
Considérations sur la vitesse de l'air 129
Hauts-fourneaux 130
Définitions 130

Pages.

Dispositions et dimensions principales 131
Formes 140
Constructions 141
Séchage et mise en feu 148
Travail pour la coulée 152
Mode de chargement et compositition des charges 156
Distribution de l'ensemble de travail 158
Appareils employés pour l'approvisionnement des gueulards 159
Roulement des hauts-fourneaux 160
Devoirs des fondeurs et des chargeurs 164
Outils et ustensiles des fourneaux 165
Etudes des différentes fontes produites dans les hauts-fourneaux 167
Circonstances où l'on obtient de la fonte grise et de la fonte blanche . . . 168
Transformations de la fonte au moment de la coulée 169
Influence du vent 170
Influence des charbons, des minerais et du fondant 171
A quels signes on reconnaît l'allure du fourneau 174
Obstructions de l'ouvrage 177
Mises hors 178
Comparaison entre deux fourneaux de différentes dimensions 179
Emploi de l'air chaud 181
Hauts-fourneaux au coke 186
Améliorations dans le travail des hauts-fourneaux 190
Chargement des hauts-fourneaux 195
Ecoulement des laitiers 197
Parties accessoires des hauts-fourneaux 199
Pression du vent 200
Matériaux réfractaires employés dans la construction des hauts-fourneaux . . 201
Pierres réfractaires 201
Briques, sables et terres réfractaires 204
Données descriptives et renseignements pratiques sur le roulement de hauts-fourneaux à moulage 207
Hauts-fourneaux de la fonderie de canons à *Ruelle* 207
Haut-fourneau de *Combiers* (Charente) 208
Haut-fourneau de *Tusey* (Meuse) 209
Hauts-fourneaux de *Joinville, Bussy, l'abbaye d'Evaux, Montiers-sur-Saulx*, etc. 214
Hauts-fourneaux du *Val-d'Osne*, de *Sommevoire*, etc 215
Usines à moulage disparues 216
Usines du département de l'Eure 217
Hauts-fourneaux de Niederbronn 219
Haut-fourneau d'Annecy (Haute-Savoie) 220
Mode de chargement à la mise en feu des hauts-fourneaux au charbon de bois . 222
Hauts-fourneaux au coke de l'Horme et de Lavoulte 222
Hauts-fourneaux du Gard 223
Hauts-fourneaux de Givors 223
Usines d'Hayange 224

Pages.

Hauts-fourneaux de Styring-Wendel 224
Usine de Frouard (Meurthe). 225
Hauts-fourneaux de Maubeuge (Nord). 226
Hauts-fourneaux de Marquise (Pas-de-Calais) 227
Usines de Terre-Noire, Lavoulte et Bessèges. 244
Groupe de la Loire. 244
Groupe du Gard et groupe d'Alais. 245
Fonderies de Bessèges. 245
Hauts-fourneaux de Lavoulte. 245
Usines de Commentry-Fourchambault 245
Fonderie de la Pique (Nevers). 246
Hauts-fourneaux et fonderies de Torteron. 247
Usines de Mazières, près Bourges 248
Hauts-fourneaux de Montluçon 249
Usines de Saint-Jacques-Montluçon. 250
Forges de Commentry. 251
Usines de Pont-à-Mousson 251
Méthode pour la marche des machines soufflantes, à Pont-à-Mousson. . . . 255

FIN DE LA TABLE DU PREMIER VOLUME

Paris. — Imprimerie E. BERNARD et C., 75 et 77, rue de Lacondamine.